

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Analýza a zpracování biomedicínských obrazových dat**

**Analysis and Processing of Biomedical Image Data**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Miroslav Trojáček**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3901T009 Biomedicínské inženýrství  
Téma: **Analýza a zpracování biomedicínských obrazových dat**  
**Analysis and Processing of Biomedical Image Data**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s formátem obrazových medicínských dat DICOM.
2. Seznámení se s algoritmem tvorby obrazového formátu DICOM z různých přístrojových entit.
3. Seznámení se s problematikou datové a formátové kompatibility formátu DICOM.
  - a. Návrh a realizace SW pro editaci dat v DICOM formátu a realizace vybraných funkcí: anonymizování dat.
  - b. Změna tagu (HFS - FFS).
  - c. Změna denzity ve zvoleném řezu.
  - d. Eliminace artefaktů kolem kovových částí nebo rozdílné denzity vzduchu.
4. Provedení měření a testů.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FELTL, David a Jakub CVEK. *Klinická radiologie*. 1st ed. Havlíčkův Brod: TOBIÁŠ, 2008. ISBN 978-80-7311-103-8.
- [2] GLADSTEIN, Eli. Personal thoughts on normal tissue tolerance, or, what the textbooks don't tell you. *Radiation Oncology*. December 1, 2001. Volume 51, Issue 5, Pages 1185–1189. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0360-3016\(01\)02666-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0360-3016(01)02666-9).
- [3] FOWLER, J. F., P. HARARI, F. LEBORGNE a José LEBORGNE. Acute radiation reactions in oral and pharyngeal mucosa: tolerable levels in altered fractionation schedules. *Radiotherapy & oncology*. 2003. 69(2):161-8.
- [4] FOWLER, Jack. Sensitivity analysis of parameteres in linear - quadratic radiobiologic modeling. *J. Radiation Oncology Biol. Phys.* 2009 Apr 1;73(5):1532-7. doi: 10.1016/j.ijrobp.2008.11.039.
- [5] BRENER, D., L. HLATKY, P. HAHNFELDT, Y. HUANG a K. SACHS. The linear - quadratic model and most other common radiobiological models result in similar predictions of time - dose relationships. *Radiation Research Society*. 1998 Jul;150(1):83-91. Print ISSN 0033-7587. DOI: 10.2307/3579648.
- [6] VALKOUN, Pavel. *Numerické metody nepodmíněné minimalizace*. Brno, 2010. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Ústav matematiky a statistiky.
- [7] TURZÍK, Daniel. *Matematika III: základy optimalizace*. 3. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2006. ISBN 80-7080-363-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Marek Penhaker, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



---

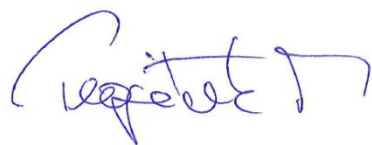
doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*



---

prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
*děkan fakulty*

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.



V Liberci 30. Dubna 2018

.....

## **Poděkování**

Chtěl bych velice poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Marku Penhakerovi Ph.D za jeho cenné rady, trpělivost a připomínky, díky kterým se mi podařilo úspěšně splnit cíle zadání. Velice bych také rád poděkoval, zaměstnancům pracoviště CyberKnifě za jejich postřehy a nápady na vylepšení výsledného programu. A také za poskytnutá data, na kterých bylo vše testováno.

Dále bych chtěl touto formou poděkovat svým nejbližším, za neuvěřitelnou trpělivost a podporu během studia i při psaní této práce. Vím, že to se mnou bylo náročné. V neposlední řadě děkuji Fantastické čtyřce, naší studijní skupině, bez které bych tuto práci ani studium nezvládl.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se v teoretické části zaměřuje na standard obrazových biomedicínských dat DICOM. Každá část standardu, je stručně popsána v první kapitole. Následující kapitola mapuje legislativu o ochraně osobních údajů a zpracování patientských dat. V praktické části je provedeno porovnání dat od různých výrobců. Výsledkem praktické části je navrhnout a otestovat program pro úpravu a zpracování dat pořízených na CT ve formátu DICOM v programovém prostředí MATLAB. Výsledný program byl testován na reálných datech poskytnutých klinickým pracovištěm CyberKnife ve Fakultní nemocnici Ostrava, na kterém by se v budoucnu měl používat.

## **Klíčová slova**

DICOM standard; anonymizace; program; tag; ochrana osobních údajů; CT, CyberKnife; MATLAB

## **Abstract**

In the theoretical part, this diploma thesis focuses on the biomedical data of DICOM standard. Each part of the standard is briefly described in the first chapter of the theoretical part. The following chapter described the legislation on the protection of personal data and the processing of patient data. The practical part compares data from different manufacturers. Another task of the practical part is to design and test a program for editing and processing of data acquired on CT in DICOM format in the MATLAB program environment. The resulting program was tested on real data provided by the CyberKnife Clinical Center at the University Hospital Ostrava, where it should be used in the future.

## **Key words**

DICOM standard; anonymization; program; privacy; CT; CyberKnife; MATLAB

## OBSAH

<b>SEZNAM ILUSTRACÍ.....</b>	<b>11</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>12</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>13</b>
<b>1 DICOM .....</b>	<b>14</b>
1.1 HISTORIE.....	14
1.2 STRUKTURA FORMÁTU DICOM.....	15
1.3 ZÁKLADNÍ ČÁSTI STANDARDU .....	17
1.3.1 Úvod a přehled .....	17
1.3.2 Shoda.....	18
1.3.3 Definice informačních objektů .....	18
1.3.4 Specifikace servisních tříd .....	18
1.3.5 Datové struktury.....	19
1.3.6 Datový slovník .....	19
1.3.7 Výměna zpráv .....	19
1.3.8 Podpora síťové komunikace pro výměnu zpráv .....	19
1.3.9 Paměťová média a formát souborů .....	20
1.3.10 Aplikační profily paměťových médií.....	21
1.3.11 Paměťové funkce a formáty médií pro výměnu dat.....	21
1.3.12 Zobrazovací funkce standartní stupnice šedi .....	21
1.3.13 Bezpečnost a profily managementu systému .....	21
1.3.14 Mapování obsluhovaných zdrojů.....	21
1.3.15 Vysvětlivky .....	22
1.3.16 Webové služby .....	22
1.3.17 Hosting aplikací .....	23
1.3.18 Zprávy o zobrazování pomocí o zobrazování pomocí architektury klinických dokumentů HL7 .....	23
<b>2 SYSTÉM OBRAZOVÉ ARCHIVACE.....</b>	<b>24</b>
<b>3 LEGISLATIVA OCHRANY OSOBNÍCH ÚDAJŮ .....</b>	<b>27</b>
3.1 ZÁKON O OCHRANĚ OSOBNÍCH ÚDAJŮ .....	28
3.2 OBECNÉ NAŘÍZENÍ O OCHRANĚ OSOBNÍCH ÚDAJŮ .....	29
3.3 ZÁKON O ZDRAVOTNÍCH SLUŽBÁCH.....	31
3.4 ZÁKON O KYBERNETICKÉ BEZPEČNOSTI .....	31
3.5 SHRNUTÍ .....	31
<b>4 ANALÝZA DATOVÉHO FORMÁTU .....</b>	<b>32</b>
<b>5 NÁVRH A REALIZACE ALGORYTMU PRO MODIFIKACI PACIENTSKÝCH DAT .....</b>	<b>34</b>
5.1 NÁVRH ALGORYTMU .....	34
5.2 ZMĚNA DENZITY .....	37
5.2.1 Hounsfieldovi jednotky.....	37
5.3 ANONYMIZACE .....	41
5.4 ZMĚNA VLASTNOSTÍ DICOM SOUBORU .....	43
<b>6 TESTOVÁNÍ A VERIFIKACE.....</b>	<b>46</b>

<b>7</b>	<b>POPIS PROGRAMU DICOMEDITOR.....</b>	<b>47</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>49</b>
	<b>PŘÍLOHA I.....</b>	<b>I</b>
	<b>PŘÍLOHA II .....</b>	<b>V</b>
	<b>PŘÍLOHA III.....</b>	<b>VIII</b>



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AE	Aplikační entita
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
ARC	the American College of radiology
Blob	Binary large object
CT	Počítačová tomografie
DCS	DICOM Conformance Statement
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DIMSE	DICOM Message Service Element
EDBP	Evropský sbor pro ochranu osobních údajů
EU	Evropská unie
FFS	Feet First-Supine
FNO	Fakultní nemocnice Ostrava
GDPR	General Data Protection Regulation
HD	High definition
HFS	Head First-Supine
HL7	Health Level Seven
[HU]	Hounsfieldovy jednotky
IOD	Informations Objects Definitions
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
MRI	Magnetická rezonance
NIS	Nemocniční informační systém
NEMA	the National Electrical Manufacturers Association
OSI	Open System Interconnection
PACS	Picture archiving and communicating systém
RČ	Rodné číslo
RTG	Rentgen

SCP	Service Class Provider
SOP	Service Object Pair
SPZ	Státní poznávací značka
Tag	Atribut – vlastnosti DICOM souboru
TCP / IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TLS	Protokol Transport Layer Security
URL	Uniform Resource Locator
UZV	Ultrazvuk
VIN	Vehicle identification number
VR	Value Representation

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1. Příklad jak reprezentovat pacienta v DICOM IODs [4].....	15
Obr. 2. Hlavička souboru DICOM.....	16
Obr. 3. Struktura SOP třídy .....	17
Obr. 4. Komunikační model DICOM [5] .....	20
Obr. 5. Logika uspořádání standardu DICOM .....	22
Obrázek 6: Schéma PACS [8] .....	24
Obr. 7. DICOM databáze v PACSu .....	26
Obr. 8. Vývojový diagram program DICOMEDITOR.....	35
Obr. 9. Náhled prostředí DICOMEDITORu. Ukázka rozložení ovládacích prvků.....	36
Obr. 10. Osa ve stupních šedi s odpovídajícími hodnotami denzity[19] .....	38
Obr. 11. Ukázka původního snímku (vlevo) a programem upraveného snímku (vpravo) kdy byly hodnoty endoprotézy nahrazeny hodnotami vody .....	39
Obr. 12. Ukázka prostředí s nastavenými hodnotami pro změnu denzity a náhled úprav ..	39
Obr. 13. Data před úpravou převedená do 3D modelu .....	40
Obr. 14. Data po úpravě převedená do 3D modelu .....	41
Obr. 15. Originální neupravení data obsahující osobní údaje o pacientovi.....	42
Obr. 16. Ukázka dat po úpravě funkcí anonymizace.....	42
Obr. 17. Pozice pacienta v přístroji - zkratky HFS (Head first supine) a FFS (Feet first supine) [22] .....	44
Obr. 18. Seznam tagů před úpravou .....	45
Obr. 19. Seznam tagů po úpravě.....	45
Obr. 20. Uživatelské prostředí DICOMEDITOR.....	47

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Denzity některých tkání a materiálů[16] .....	38
Tabulka 2: Nové hodnoty tagů zadané do programu.....	44
Tabulka 3: Kompletní výčet tagů přístroje Siemens .....	I
Tabulka 4: Kompletní výčet tagů přístroje Philips.....	V
Tabulka 5: Kompletní výčet tagů přístroje GE.....	VIII

## ÚVOD

V dnešní době, kdy se rozšiřují možnosti léčby nádorových onemocnění ve specializovaných centrech, je nutné rychle a bezpečně zpracovávat patientská obrazová data z radiodiagnostických vyšetření. Ať už se zasílají v rámci jedné nemocnice mezi odděleními nebo se zasílají z jiných pracovišť. Denně jsou ve zdravotnických zařízeních, i mimo ně, posílány snímky z vyšetření. Pro zachování kompatibility souborů (často i sérií souborů) vznikl v polovině 80 let 20. století standard DICOM. Ten umožňuje sdílet informace bez ohledu na výrobce zařízení, na kterém byla data pořízena. Postupem času bylo nutné standard upravit, aby podporoval ukládání a čtení z databázových systémů. Bez nich se dnešní moderní zařízení neobejdou. Díky možnosti zpracovávat tyto data v elektronické podobě bylo nutné nastavit i pravidla pro ochranu osobních údajů. V dnešní době, kdy si soukromí každý člověk velmi hlídá, je ochrana osobních údajů chráněna několika zákony. Proto se první tři kapitoly této práce budou zabývat standardem DICOM, databázovými systémy a platnou legislativou ochrany osobních údajů. Specializované pracoviště pro léčbu onkologických onemocnění CyberKnife ve Fakultní nemocnici v Ostravě denně přijímá snímky ve formátu DICOM, tato data jsou dále zpracovávána, pro co nejlepší navrhnouti léčebné terapie, kterou přístroj CyberKnife umožňuje. K předzpracování snímků využívají řadu programů a uvítali by, aby se prováděné činnosti daly obsluhovat z jedné aplikace.

Cílem této práce je návrh a realizace softwaru pro editaci dat ve formátu DICOM, který by usnadnil předzpracování snímků na pracovišti CyberKnife. Výsledná aplikace umožní uživateli data anonymizovat, upravit hodnoty denzity ve zvoleném řezu a změnit vybrané tagy. Výsledný efektem by mělo být urychlení práce zdravotníkům. Tudíž bude nutné se seznámit s tvorbou souboru DICOM z různých přístrojových entit a nastudovat problematiku kompatibility.

Diplomová práce je rozdělena do sedmi hlavních kapitol. První kapitola popisuje historii a strukturu standardu DICOM. Následující kapitola se věnuje databázovému systému PACS. Třetí kapitola popisuje aktuální legislativu pro ochranu osobních údajů, dále tato kapitola popisuje, jak bude ochrana osobních údajů vypadat v budoucnu. Zbýlé kapitoly popisují rozdíly mezi soubory od rozdílných výrobců a postup při vytváření jednotlivých funkcí programu. Problematiku kompatibility a průběh testování.

# 1 DICOM

## 1.1 Historie

Na konci minulého století (kolem roku 1980) přišel rozvoj počítačové tomografie (CT), digitalizace obrazových dokumentů a rostoucí použití počítačů v klinických aplikacích. Bylo nutné vyvinout standardizované metody převodu obrazu a doprovodných informací mezi medicínskými zařízeními od různých výrobců. Společným úsilím Americké vysoké školy radiologické (the American College of Radiology - ACR) a Národní asociace výrobců elektroniky (the National Electrical Manufacturers Association - NEMA) vznikl v roce 1983 společný výbor, který vytvořil standardy k:

- podpoře komunikace digitální obrazové informace bez ohledu na výrobce zařízení
- usnadnění vývoje a rozšíření obrazových, archivačních a komunikačních systémů PACS, podporou rozhraní, které by bylo možné propojit s nemocničním informačním systémem, vytváření databází diagnostických informací, které mohou být využity širokou škálou geograficky distribuovaných zařízení

Výsledkem byl ACR-NEMA Standards Publication 300-1985 verze 1.0, publikovaný v roce 1985. Následovaly dvě opravy: první v říjnu 1986 a druhá v lednu 1988. Tyto Standardy určovaly hardwarové rozhraní, skupinu softwarových příkazů a stálou sadu datových formátů.

V roce 1988 byla vydána verze 2.0 ACR-NEMA Standards Publication 300-1988, která zahrnovala verzi 1.0 s publikovanými a dodatečnými opravami. Současně obsahovala nový materiál pro poskytnutí řízení podpory zobrazovacích jednotek, k čemuž byl představen nový hierarchický návrh k rozpoznávání obrazu a přidávání datových elementů pro zvětšení přesnosti při popisu obrazu.

V roce 1993 ARC-NEMA Standard 300, během vývoje třetí verze, dostal standard jméno Digital Imaging and Communications in Medicine ve zkratce DICOM.

Obsahuje řadu významných vylepšení předchozích verzí standardu ACR-NEMA:

- Je použitelný pro síťové prostředí. Norma ACR-NEMA byla použitelná pouze v prostředí typu bod-bod, pro provoz v síťovém prostředí byla vyžadována jednotka síťového rozhraní (NIU). DICOM podporuje provoz v síťovém prostředí pomocí standardního síťového protokolu TCP / IP.
- Je použitelný pro off-line výměnu médií. Norma ACR-NEMA neurčila formát souboru nebo výběr fyzických médií nebo logický souborový systém. DICOM podporuje provoz v prostředí off-line médií pomocí průmyslových standardních médií, jako jsou CD-R, DVD-R a USB a společné systémy souborů.
- Jedná se o protokol, který specifikuje formát příkazů a souvisejících dat a způsob, jakým se řídí požadavky na shodu standardu reagovat na příkazy a výměnu dat. Specifikované služby zahrnují podporu pro správu pracovního postupu zobrazovacího oddělení. Norma ACR-NEMA byla omezena na přenos dat pouze s implicitními požadavky.

V roce 1995, s přidáním schopností DICOM pro kardiologické zobrazování, podporovaných Americkou kardiologickou komisí, byl společný výbor ACR-NEMA reorganizován jako výbor pro standardy DICOM se široká spoluprací zúčastněných stran.

Aktuální verze DICOM je detailně rozepsaný na stránkách <http://dicom.nema.org/>. Zde se dá najít celý popis. Dokument má aktuálně 18 částí, které podrobně popisují strukturu. Původně jich bylo 20, ale PS3.9 a PS3.13 byly postupem času odstraněny. [1] [2]

Součástí DICOM je standard HL7. Medicínský standard pro přístup, skladování a práci s patientskými daty. HL7 – komunikační standard ve zdravotnictví HL7 významně pomáhá při standardizaci nezbytných rozhraní mezi systémy. HL7 byl vyvinut v USA a nyní je oficiálním ANSI (American National Standards Institute) standardem. Již v roce 1987 byla v USA ustanovena organizace, která usilovala o standardizaci komunikace v nemocnicích a v celém systému zdravotní péče. Skupina „Health Level Seven“, zkratkou „HL7“, specifikuje obsah a formát komunikace na aplikační úrovni. Je důležité, aby řešení komunikace bylo nezávislé na použitém softwaru stejně jako na podpůrném hardwaru a zvolené síti. Uživatel se může svobodně rozhodnout pro realizaci řešení, které odpovídá jeho potřebám nejlépe. Komunikační standard HL7 byl vyvinut speciálně pro prostředí zdravotnické péče a umožňuje komunikaci mezi takřka všemi institucemi a oblastmi zdravotnické péče. Díky standardu HL7 lze řešit všechny důležité komunikační úkoly nemocnice a podstatně zlepšit účinnost komunikačního procesu. [3]

## 1.2 Struktura formátu DICOM

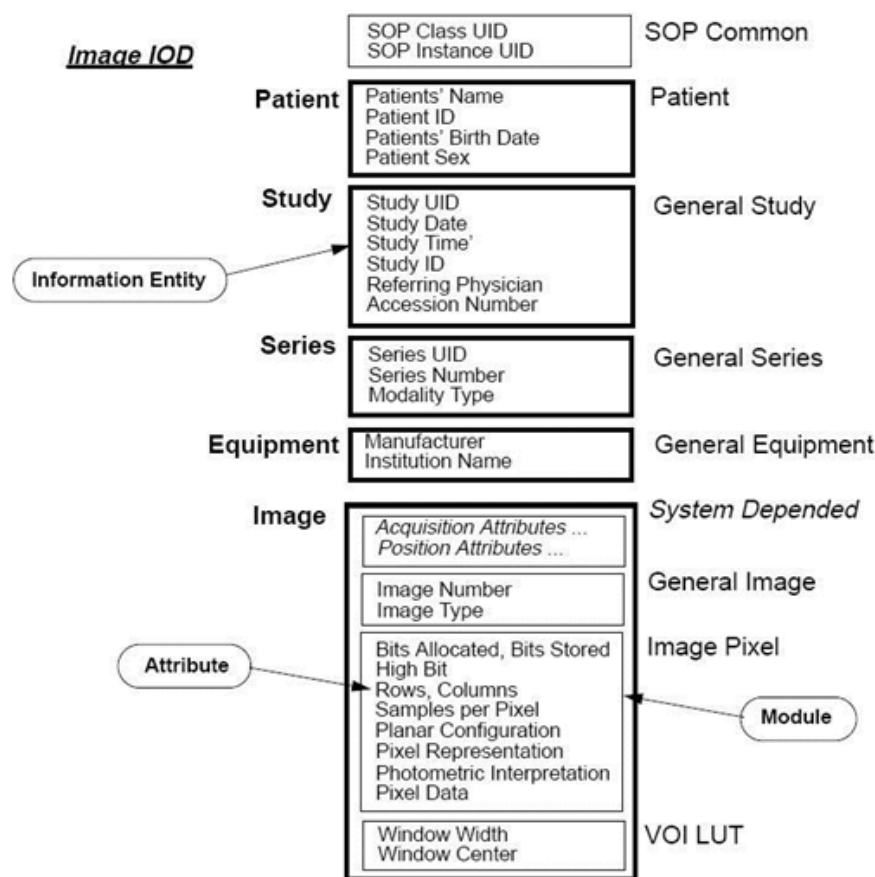
DICOM používá vlastní jazyk, který je založen na modelu reálného světa (DICOM information model). Všechna reálná data jako je pacient, studie/vyšetření, zdravotnické zařízení, atd. jsou DICOMem viděny jako objekty s jistými vlastnostmi a atributy. Definice těchto objektů a atributů jsou standardizovány do DICOM Informations Objects Definitions ve zkratce (IODs). Přemýšlejme o IODs jako o kolekci vlastností. Patientské IODs obsahuje tolik klinických informací kolik je potřeba ke stanovení diagnózy.

Pro standardizování pojmenování DICOM udržuje seznam DICOM Data Dictionary. Ten obsahuje více než 2000 atributů (tagů). Příkladem obsahu IODs je jméno, rodné číslo, pohlaví, váha, výška, pojišťovna.



Obr. 1. Příklad jak reprezentovat pacienta v DICOM IODs [4]

Soubor ve formátu DICOM je složen z hlavičky obsahující informace o pacientovi, typu vyšetření a modalitě (různé druhy přístrojů - CT, MRI, ultrazvuk) na které byl pacient vyšetřován a servisní třídy. Dále obsahuje binární část souboru, což je vlastní obrazová informace ve 2D nebo 3D formátu. Základní rozdělení DICOM souboru je viditelné na Obrázku 2. Údaje v hlavičce jsou označovány jako DICOM tagy/atributy.



Obr. 2. Hlavička souboru DICOM

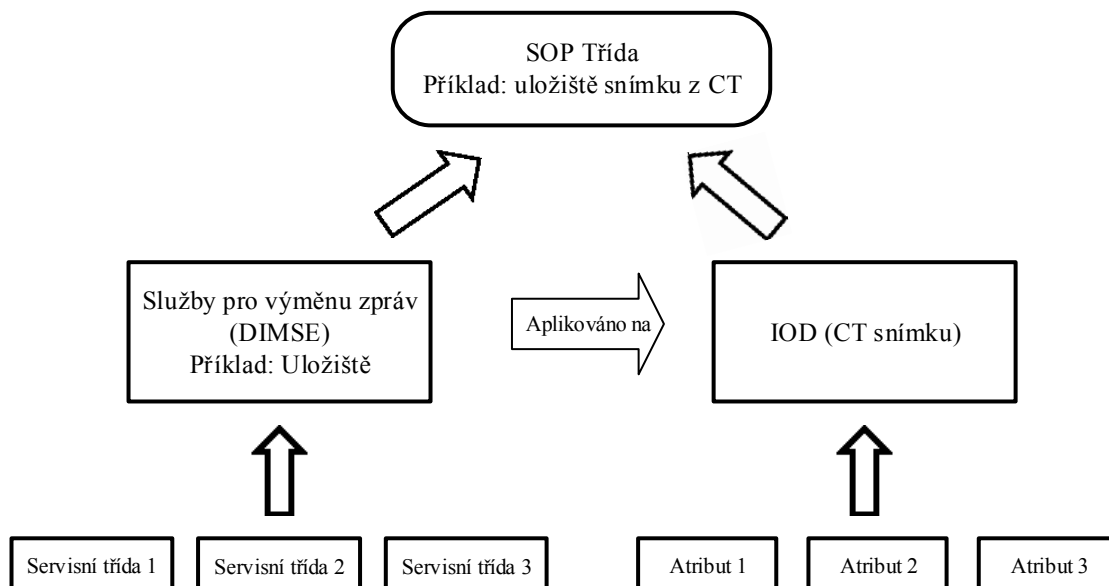
Ze servisní třídy (Service Class) vychází služby výměny zpráv (zkratka DIMSE). Tento soubor pravidel umožňuje mezi jednotlivými aplikačními entitami (AE) výměnu zpráv.

Kombinací IODs a DIMSE nám vzniknou funkcionální jednotky DICOMu nazvané dvojice servisních objektů (Service Object Pair, zkráceně SOP), od ustanovení standardu jsou označovány jako SOP třídy. Vše co se v DICOMu dělá je založeno na použití SOP tříd. DICOM definuje řadu ukládacích do SOP tříd, pro CT snímky, MR snímky atd. Do podoby SOP třídy pro ukládání CT snímků je tedy zkombinována definice CT informačního objektů (IODs) a třída ukládací služby (SOP).

Při vytváření SOP instance jsou naplněny atributy informačních objektů a proměnné servisní třídy reálnými hodnotami (např. pacienta: jeho popis, snímací zařízení, snímky atd.) a instance dostane



přiděleno UID. Komunikace v DICOM standardu je reprezentována výměnou SOP instancí za pomoci SOP zpráv.



Obr. 3. Struktura SOP třídy

Každý výrobce si může u svého přístroje přidávat své vlastní atributy. Pro zachování kompatibility a možnosti dalšího zpracování souboru je nutné dodržovat DCS (DICOM Conformance Statement). Všechny atributy jsou pak rozděleny do 27 Value Representation (VR) – 27 základních datových typů. Každá hodnota v hlavičce musí být zapsána pomocí VR. VR je kombinace dvou velkých písmen popisující daný typ. Příklad: DA – Date (datum), DT – Date Time (čas). [1] [2]

## 1.3 Základní části standardu

DICOM standard se skládá z 18 částí označených PS3.1 – PS3.20. V číslování jsou dvě mezery. Části PS3.9 a PS3.13 byli postupem času ze standardu odstraněny.

### 1.3.1 Úvod a přehled

První část nás seznamuje s DICOM formátem, jeho historií, rozsahem působnosti DICOM, oblastí použití a stručně popisuje všechny části standardu. [2]

### 1.3.2 Shoda

Standard DICOM definuje principy, které musí konstrukce zařízení nebo informačního systému splňovat, aby bylo dosaženo shody. Musí splňovat tyto požadavky:

- Část standardu PS 3.2 shoda specifikuje obecné požadavky, které musí být v procesu implementace dosaženo. Konkretizuje požadavky pro jednotlivé funkce.
- Prohlášení o shodě. Tato část definuje strukturu dokumentu. Specifikuje informaci, která musí být v dokumentu obsažena včetně vazeb na konkrétní požadavky uvedené v ostatních kapitolách standardu. [2]

### 1.3.3 Definice informačních objektů

V této části standardu (PS3.3) je specifikován velký počet tříd informačních objektů (Information Object Classes), které umožňují realizovat abstraktní definici entit reálného světa aplikovatelnou při komunikaci a přenosu medicínských obrazových dat a dalších relevantních informací (křivky, strukturalizované nálezy, dávky radiační terapie, atd.). Každá definice třídy je tvořena popisem jejího určení a atributů, pomocí kterých je definice realizována.

Standard rozlišuje dva typy tříd informačních objektů:

- Normalizované třídy informačních objektů obsahují jen ty atributy, které jsou vlastní reprezentované entitě reálného světa.
- Kompozitní třídy informačních objektů naopak mohou navíc obsahovat atributy související s entitou reálného světa. Kompozitní třídy informačních objektů dávají strukturalizovaný rámec pro realizaci komunikačních požadavků pro zajištění úzké vazby mezi obrazovou informací a ostatními relevantními informacemi. Třídy objektů s kompozitními informacemi poskytují strukturovaný rámec pro vyjádření komunikačních požadavků obrazů, kde musí být obrazová data a související údaje úzce spojeny. [2]

### 1.3.4 Specifikace servisních tříd

Část standardu PS3.4 definuje řadu servisních tříd. Servisní třída spojuje jeden nebo více informačních objektů s jedním nebo více příkazy, které mají být provedeny na těchto objektech. [2]

Příkladem servisních tříd mohou být:

- Uložení informací
- Dotaz/odpověď
- Základní management Worklistu
- Management tisku
- Management pacienta
- Management výsledků

### 1.3.5 Datové struktury

Tato část specifikuje vytváření a kódování datových souborů (Data setů) DICOM aplikací vycházejících z užití informačních objektů a servisních tříd. Tato část (PS3.5) dále obsahuje specifikaci řady standardních kompresních technik. [2]

### 1.3.6 Datový slovník

V této části standardu (PS3.6) je představen centrální registr DICOM datových elementů a jejich definic. Datové elementy představují základní entitu reprezentované informace včetně jejich unikátní identifikace v rámci standardu DICOM. [2]

Každý datový element je specifikován:

- Jednoznačným označením (tagem) tvořeným číslem skupiny a číslem elementu
- Jménem
- Typem hodnoty (řetězec znaků, integer číslo, atd.)
- Hodnotou multiplicity (počet hodnot charakterizující atribut)

Každý unikátní identifikátor je specifikován:

- Unikátní numerickou hodnotou, přičemž jednotlivé komponenty jsou odděleny desetinou tečkou. Maximální délka identifikátoru je 64 znaků.
- Jménem
- Typem, určujícím zda jde i o třídu informačních objektů, definici kódování dat nebo obecně známý informační objekt
- Indikací relevantní části standardu

### 1.3.7 Výměna zpráv

V části PS3.7 je definováno jak služby a protokoly používané aplikacemi medicínských zobrazovacích metod při výměně zpráv v rámci DICOM komunikují. Zprávy jsou složeny z posloupnosti příkazů a případně navazující posloupností dat (Data stream). [2]

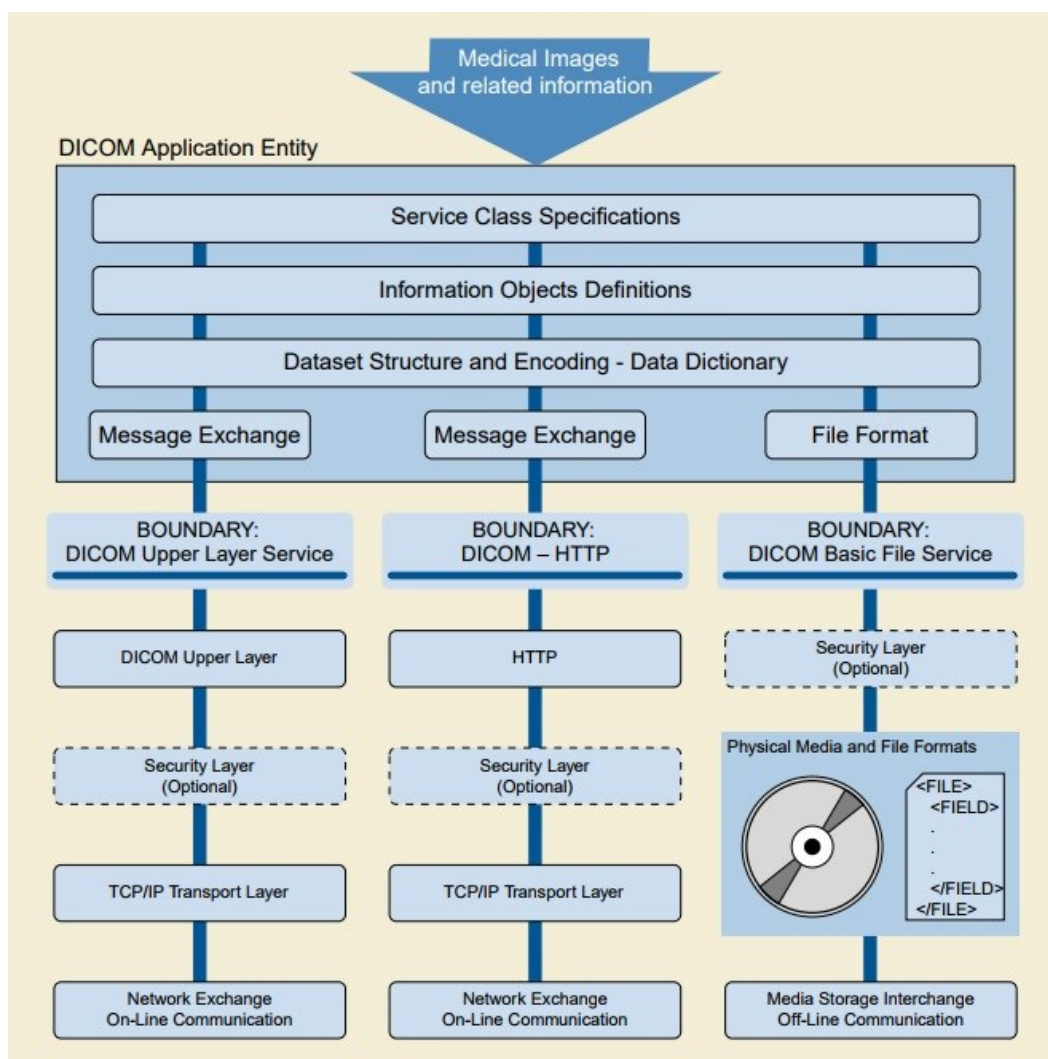
PS 3.7 specifikuje:

- Operace a informace o stavu (nebo změně stavu) entity (DIMSE služby), které jsou k dispozici jednotlivým třídám služeb definovaných v kapitole 3.4
- Pravidla pro navázání a ukončení spojení zajišťovaného komunikačními službami
- Pravidla pro ovládání příkazů realizujících komunikaci na principu požadavek - odezva
- Kódovací pravidla nezbytná pro tvorbu posloupností příkazů a zpráv

### 1.3.8 Podpora síťové komunikace pro výměnu zpráv

Podpora síťové komunikace pro výměnu zpráv (PS3.8) specifikuje komunikační služby a protokoly nejvyšší komunikační vrstvy nezbytné pro komunikaci mezi DICOM aplikacemi, jak je uvedeno v PS3.3, PS3.4, PS3.5, PS3.6 a PS3.7. Tyto komunikační služby a protokoly zajišťují, že komunikace mezi DICOM aplikacemi je prováděna efektivně a koordinovaně v daném síťovém

prostředí. Uvedená specifikace služeb vrchní komunikační vrstvy (Upper Layer Service) je podmnožinou služeb zajišťovaných sedmivrstvovým komunikačním modelem OSI (Open System Interconnection). Její definice specifikuje použití protokolu DICOM s TCP/IP transportním protokolem. [2]



Obr. 4. Komunikační model DICOM [5]

### 1.3.9 Paměťová média a formát souborů

PS3.10 specifikuje obecný model ukládání medicínských obrazových informací na výměnných médiích. Účelem této části je poskytnout rámec umožňující vzájemnou výměnu různých typů medicínských obrazů a s nimi souvisejících informací na široké škále paměťových médií. [2]

### 1.3.10 Aplikační profily paměťových médií

Kapitola PS3.11 specifikuje specifickou aplikační podmnožinu DICOM Standardu, pro kterou implementace může dosáhnout shody. Takové prohlášení shody je aplikováno na funkčnost procesu výměny medicínských obrazů a relevantních informací na paměťových médiích pro specifické klinické využití. [2]

### 1.3.11 Paměťové funkce a formáty médií pro výměnu dat

PS3.12 standardu DICOM usnadňuje výměnu informací mezi aplikacemi v lékařském prostředí tím, že specifikuje:

- Strukturu pro popis vzájemných vztahů mezi obecným modelem paměťových médií a specifickými fyzickými médii a jejich formátem
- Charakteristiku specifických fyzických médií a jejich formát

### 1.3.12 Zobrazovací funkce standardní stupnice šedi

V části PS3.14 jsou specifikovány standardizované zobrazovací funkce nezbytné pro konzistentní zobrazování obrazové informace založené na stupnici šedi. Tyto funkce poskytují metody kalibrace konkrétních zobrazovacích systémů umožňující zajistit konzistentní prezentaci obrazů na různých médiích (displeje, tiskárny apod.). Zvolená funkce zobrazení je založena na lidském vizuálním vnímání. Citlivost kontrastu lidského oka je výrazně nelineární v rámci rozsahu jasu zobrazovacích zařízení. [2]

### 1.3.13 Bezpečnost a profily managementu systému

Tato část specifikuje u DICOM bezpečnost systémů a pravidla řízení přístupu k informacím, která musí být dodržena pro dosažení shody aplikace se standardem. Bezpečnostní pravidla a management systému se odkazují na obecně uznávané standardní protokoly jakými jsou DHCP, LDAP, TLS a další. Bezpečnostní protokoly mohou používat bezpečnostní techniky jako veřejné klíče. Šifrování dat může mít různé standardizované schémata šifrování dat. Tato část se netýká problémů bezpečnostních zásad. Tento standard poskytuje pouze mechanismy, které lze použít k implementaci zabezpečení politiky týkající se výměny objektů DICOM. Je odpovědností místního správce zajistit příslušnou bezpečnost. [2]

### 1.3.14 Mapování obsluhovaných zdrojů

V této části DICOM standardu (PS3.16) jsou specifikovány:

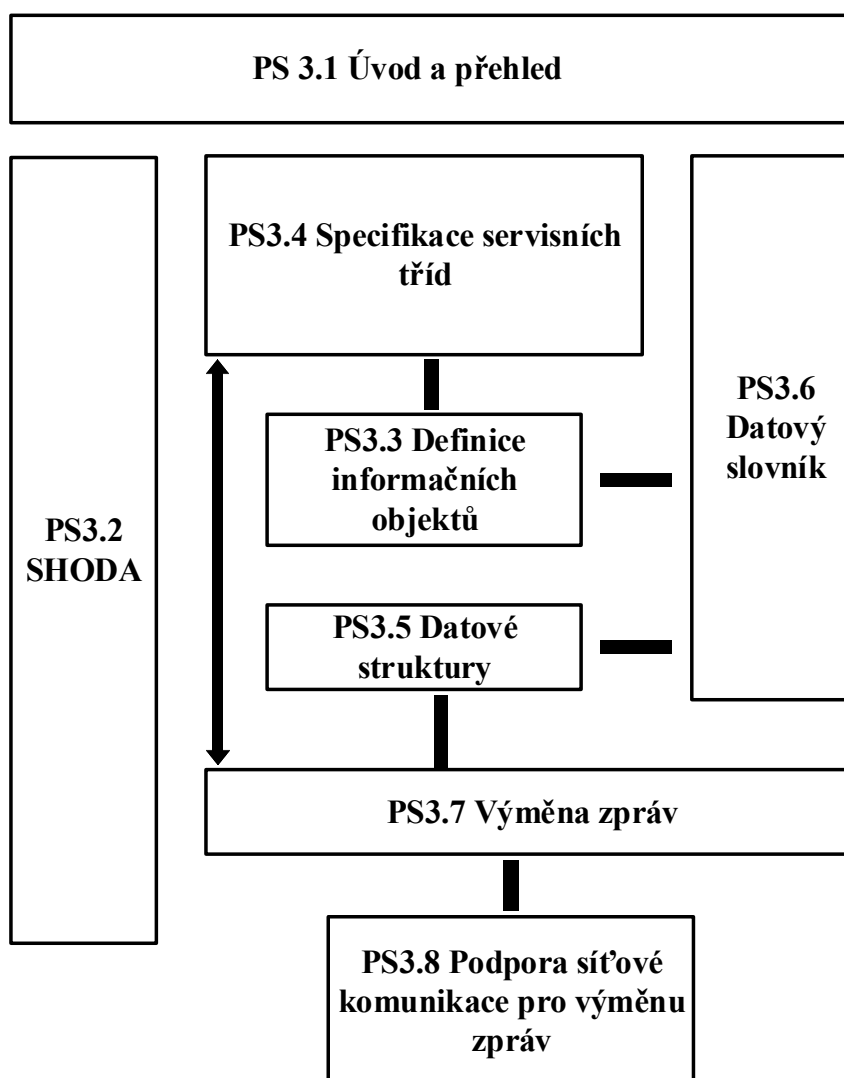
- Návrhy formátu strukturovaných dokumentů DICOM informačních objektů
- Množiny kódovaných termínů využívaných informačními objekty
- Lexikon výrazů definovaných a aktualizovaných DICOM
- Překlady kódovaných termínů specifických pro jednotlivé země

### 1.3.15 Vysvětlivky

V části PS3.17 standardu DICOM jsou obsaženy doplňující informace vysvětlující předchozí části. Ve většině částí standardu jsou odkazy na tuto část. [2]

### 1.3.16 Webové služby

PS3.18 standardu DICOM určuje prostředky, pomocí kterých mohou být webové služby použity pro načítání nebo ukládání objektu DICOM. Požadavky na načtení dat určují typ média. Požadavky HTTP definované v tomto standardu jsou dostatečné pro to, aby server HTTP umožnil načíst nebo uložit požadované objekty z příslušné služby DICOM SCP (Service Class Provider) pomocí výchozí funkce DICOM jak je definováno v PS3.4 a PS3.7. [2]



Obr. 5. Logika uspořádání standardu DICOM

### **1.3.17 Hosting aplikací**

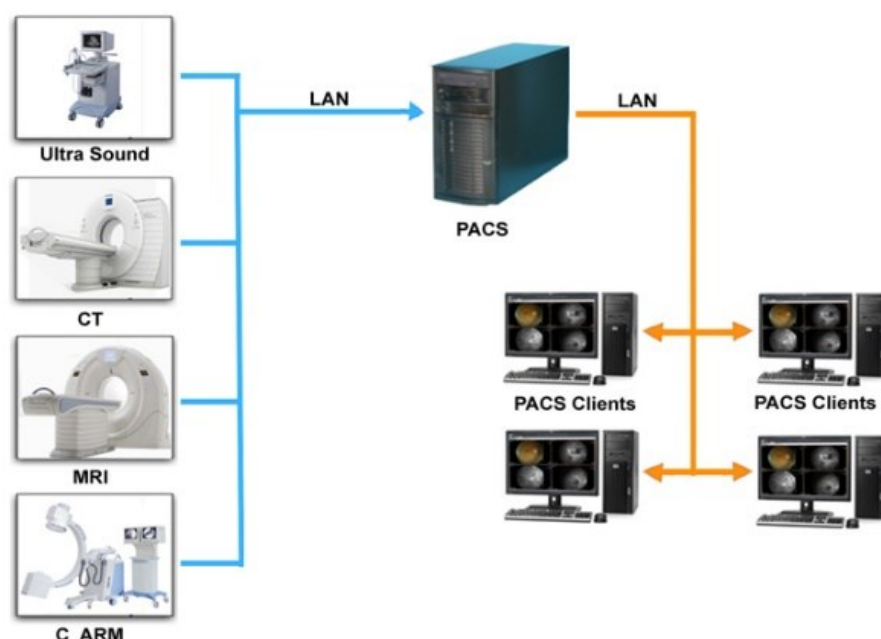
PS3.19 standardu DICOM specifikuje aplikační programovací rozhraní (API) pro systém lékařského výpočetního systému. [2]

### **1.3.18 Zprávy o zobrazování pomocí architektury klinických dokumentů HL7**

PS3.20 standardu DICOM určuje šablony pro kódování zobrazovacích zpráv pomocí architektury klinických dokumentů HL7. V tomto rozsahu jsou zprávy o klinických postupech pro specialisty, kteří používají zobrazovací metody pro diagnostické nebo terapeutické účely. PS3.20 je implementační návod vyvinutý společností HL7. Také poskytuje obchodní názvy datových prvků. [2]

## 2 SYSTÉM OBRAZOVÉ ARCHIVACE

Je systém zajišťující sběr, uchovávání, předávání a zobrazení patientských obrazových dat za účelem diagnostiky a dokumentace. Systémy PACS (picture archiving and communicating system) používané ve zdravotnictví vystupují zpravidla jako podsystémy nemocničního informačního systému. Pro PACS je typická práce s velkými objemy dat. Tato objemově náročná data jsou generována zpravidla ve specializovaných přístrojích jako jsou CT, MR, RTG, UZV a další. Data vzniklá na těchto modalitách mohou pro jedno vyšetření pacienta dosahovat řádově až několika gigabytů.



Obrázek 6: Schéma PACS [8]

PACS je databázový systém uchovávající obrazové informace vzniklé za pomoci specializovaných přístrojů (modalit) používaných ve zdravotnických zařízeních a pracujících na principech různých zobrazovacích metod. Tato zařízení jsou schopna pracovat a komunikovat na základě standardu DICOM. Výsledný systém je schopen pracovat s velkými objemy dat. Aby byl takový systém použitelný, pak musí mít určité vlastnosti, které nemají běžné databázové systémy, protože je nepotřebují. Na druhé straně se musí zbavit vlastností, které mohou v konečném důsledku, zejména při naplnění daty, databázový systém brzdit.

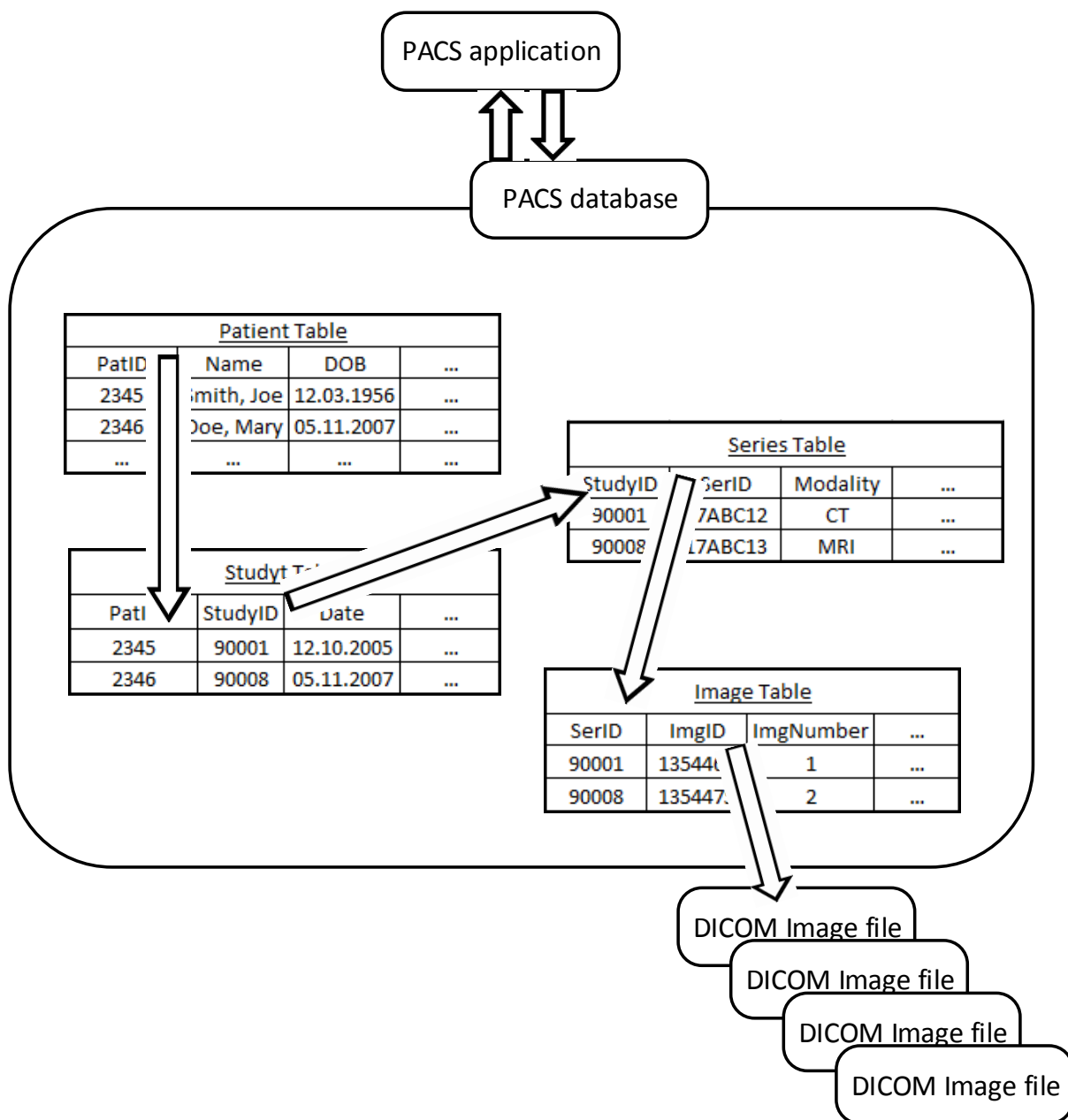
CT nebo MR představují jenom jednotlivé obrázky a angiografie zpravidla vytváří série obrázků (multiframe). U CT vyšetření jde o stovky až tisíce obrázků o rozlišení  $512 \times 512$  nebo  $1024 \times 1024$  voxelů a bitové hloubce šedi někde mezi deseti a čtrnácti bity. U MR je používané rozlišení v současné době ještě menší ( $256 \times 256$  bodů), ale množství obrázků v jednom vyšetření mohou dosahovat desítek tisíc. Výsledný objem pak není zanedbatelný. Pokud jde o angiografii, zde vznikají videosekvence.



Snímky jsou dynamické a v případě konverze klasického videosignálu do DICOMu, mohou jednotlivé obrázky představovat klasické video s patřičným HD rozlišením. Výsledný soubor může mít velikost i několik gigabytů.

Databáze obecně znají pojem „blob“ (binary large object). Takový objekt jsou schopny uložit a ošetřit ve svých strukturách. Problém je, že různé databáze pracují se svými daty různě. A to je jádro potíží. Vybavovací doba, rychlost obměn dat apod.. PACS systémy od jednotlivých výrobců se liší hlavně tímto přístupem. Takovým extrémem je totální rozebrání položek hlaviček DICOM souborů na jednotlivé položky a jejich uložení do databázových tabulek s odděleně uloženou bitmapovou částí. Tento přístup může být velice omezující, protože může dojít k odstranění položek, které databáze nezná. Například může dojít k odstranění privátních tagů, do kterých si specializované pracovní stanice ukládají informace potřebné k popisu specializovaných datových obrazkových výstupů. Druhý extrém je uchovat celý obrázek v původním tvaru a v pomocné databázi uchovat jen informace nejnutnější k jeho vyhledání, případně k analýze dat nebo jiným účelům. Proto může dojít k potížím s kompatibilitou nemocničního informačního systému.

Každá databáze funguje dobře, dokud se do ní data ukládají. Pokud potřebujeme získat data zpět, je třeba definovat kritéria délky odezvy na dotaz k vybavení nebo podání dat. Problémy nastávají při požadavku na data o opravdu velkém objemu. PACS je obecný informační systém. Jeho realizace se liší od dodavatele k dodavateli. DICOM standard má v sobě zabudovanou jednu velice užitečnou věc. Aby nebrzdil případný rozvoj dodavatelů modalit nebo pracovních stanic, umožňuje používání tzv. privátních DICOM tagů nebo objektů. Tyto objekty či tagy jsou v krajním případě podporovány jen jedním výrobcem. Přesto je žádoucí, aby soubory s privátními informacemi byly uchovatelné a vyvolatelné z obecných DICOM archivů. Většina PACS systémů funguje velice dobře, kdy jsou do nich data ukládána a nedojde jejich kapacita. Problémy nastávají v momentě, kdy je kapacita překročena, anebo je v archivu příliš mnoho dat. PACS systém se zpomaluje. Aby byl PACS funkční a spolehlivý, pak je potřebné nalézt správné dimenze jeho vnitřního nastavení či konfigurace. Jiné jsou požadavky na systém pracující v ordinaci s jedním rentgenem a ultrazvukem a mnohem komplexnější požadavky jsou na pracoviště s exponovaným provozem (traumatologie, urgentní příjem apod.).[7]



Obr. 7. DICOM databáze v PACSu

### 3 LEGISLATIVA OCHRANY OSOBNÍCH ÚDAJŮ

Jedním z úkolů této diplomové práce je práce s patientskými daty ve formátu DICOM. S těmito daty bude nadále pracováno jako s lékařskou dokumentací, na kterou se vztahuje legislativa pro její ochranu a bezpečnost. V nemocničním zařízení jsou snímky popsané lékaři založeny do patientské dokumentace. Patientská dokumentace má především sloužit jako pomůcka při léčbě, ale případně i jako doklad, či dokonce důkaz v případě soudního sporu. Většina moderních zdravotnických zařízení využívá jak tištěného formátu, tak i vedení dokumentace v digitální formě. Většina digitálních dokumentů se uchovává na centralizovaných serverech nemocničního informačního systému (NIS). Tato data také obsahují osobní údaje o pacientech včetně jména a adresy, rodného čísla a zejména citlivé údaje o průběhu léčby a proto je nutná jejich bezpečnost. V dnešní době bohužel nelze docílit dokonalé ochrany informačního systému. Většina zdravotnických zařízení by se měla pokusit dosáhnout vysoké úrovně zabezpečení. Z praxe vím, že nemocnice, ve které pracuji, má vypracovaný plán kybernetické bezpečnosti. Kybernetický útok je v dnešní době, kdy pacienti trvají na neustálém připojení k internetu, možný prakticky neustále. Proto je patientská síť oddělená od té nemocniční tak, aby se co nejvíce předešlo možnosti napadnutí nemocničního systému. Zkušenost prokázala, že problematický je i lidský faktor, kdy nedisciplinovaný uživatel může ohrozit NIS tím, že otevře poštu s neznámým obsahem.

Patientská data obsahují osobní údaje. Osobní údaje jsou jakékoli informace o identifikovaném nebo identifikovatelném subjektu. Identifikovatelnou osobou je fyzická osoba, kterou lze přímo či nepřímo identifikovat, zejména odkazem na určitý identifikátor (jméno, číslo, síťový identifikátor) nebo na jeden či více zvláštních prvků fyzické, fyziologické, genetické, psychické, ekonomické, kulturní nebo společenské identity této fyzické osoby.

Mezi obecné osobní údaje řadíme jméno, pohlaví, věk a datum narození, osobní stav, ale také IP adresu a fotografický záznam. Mezi osobní údaje patří i zvláštní kategorie osobních údajů. Jedná se o tzv. citlivé údaje. Citlivé osobní údaje jsou speciální kategorií, která zahrnuje údaje o rasovém či etnickém původu, politických názorech, náboženském nebo filozofickém vyznání, členství v odborech, o zdravotním stavu, sexuální orientaci a trestních deliktech či pravomocném odsouzení osob. Tyto údaje mohou subjekt údajů samy o osobě poškodit ve společnosti, v zaměstnání, ve škole či mohou zapříčinit jeho diskriminaci. Do kategorie citlivých údajů je nově zahrnuty genetické a biometrické údaje.

Příklady citlivých údajů:

- Jméno
- Rodné číslo
- Veškerá data (datum narození)
- Telefonní čísla
- Email
- Číslo zdravotního pojištění
- Číslo účtu
- SPZ
- Sériová nebo jiná identifikační čísla přístrojů (VIN)
- Webové URL
- Biometrická data (otisky prstů)

- Fotky obličeje

Zdravotnická dokumentace, která obsahuje citlivé údaje, je chráněna řadou zákonů a vyhlášek. Od května 2018 začne platit GDPR což je Obecné nařízení o ochraně osobních údajů (anglicky - General Data Protection Regulation) a nahrazuje Zákon o ochraně osobních údajů.

### 3.1 Zákon o ochraně osobních údajů

Zákon o ochraně osobních údajů (celým názvem: Zákon č.101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů) je základním právním předpisem upravujícím ochranu osobních údajů a činnost Úřadu pro ochranu osobních údajů.

Smyslem zákona o ochraně osobních údajů je Listinou základních práv a svobod zaručené právo na ochranu občana před neoprávněným zasahováním do jeho soukromého a osobního života neoprávněným shromažďováním, zveřejňováním nebo jiným zneužíváním osobních údajů. V současné společnosti je vlivem rozvoje informačních technologií toto právo stále více narušováno. Provádění zákona realizuje především Úřad pro ochranu osobních údajů. Tento zákon bude 28. května 2018 nahrazen nařízením EU 2016/679 (GDPR) více rozvedeno v kapitole 3.2. [8]

Tento zákon se vztahuje na osobní údaje, které zpracovávají státní orgány, orgány územní samosprávy, jiné orgány veřejné moci, jakož i fyzické a právnické osoby. Zákon se vztahuje na veškeré zpracovávání osobních údajů, ať k němu dochází automatizovaně nebo jinými prostředky. Zákon se nevztahuje na nahodilé shromažďování osobních údajů, pokud tyto údaje nejsou dále zpracovávány. Nevztahuje se na zpracování údajů fyzickou osobou nebo pro osobní potřebu a ve vymezených případech též na zpravodajské služby a policii.

V § 13 jsou popsány povinnosti osob při zabezpečení osobních údajů:

1. Správce a zpracovatel jsou povinni přijmout taková opatření, aby nemohlo dojít k neoprávněnému nebo nahodilému přístupu k osobním údajům, k jejich změně, zničení či ztrátě, neoprávněným přenosům, k jejich jinému neoprávněnému zpracování, jakož i k jinému zneužití osobních údajů. Tato povinnost platí i po ukončení zpracování osobních údajů.
2. Správce nebo zpracovatel je povinen zpracovat a dokumentovat přijatá a provedená technicko-organizační opatření k zajištění ochrany osobních údajů v souladu se zákonem a jinými právními předpisy.
  - a) V rámci opatření podle odstavce 1 správce nebo zpracovatel posuzuje rizika týkající se: plnění pokynů pro zpracování osobních údajů osobami, které mají bezprostřední přístup k osobním údajům
  - b) zabránění neoprávněným osobám přistupovat k osobním údajům a k prostředkům pro jejich zpracování
  - c) zabránění neoprávněnému čtení, vytváření, kopírování, přenosu, úpravě či vymazání záznamů obsahujících osobní údaje a
  - d) opatření, která umožní určit a ověřit, komu byly osobní údaje předány.

3. V oblasti automatizovaného zpracování osobních údajů je správce nebo zpracovatel v rámci opatření podle odstavce 1 povinen také
- a) zajistit, aby systémy pro automatizovaná zpracování osobních údajů používaly pouze oprávněné osoby
  - b) zajistit, aby fyzické osoby oprávněné k používání systémů pro automatizovaná zpracování osobních údajů měly přístup pouze k osobním údajům odpovídajícím oprávnění těchto osob, a to na základě zvláštních uživatelských oprávnění zřízených výlučně pro tyto osoby
  - c) pořizovat elektronické záznamy, které umožní určit a ověřit kdy, kým a z jakého důvodu byly osobní údaje zaznamenány nebo jinak zpracovány
  - d) zabránit neoprávněnému přístupu k datovým nosičům[9]

### 3.2 Obecné nařízení o ochraně osobních údajů

Obecné nařízení na ochranu osobních údajů neboli GDPR (General Data Protection Regulation) je dosud nejvíce uceleným souborem pravidel na ochranu dat na světě. GDPR se dotkne každého, kdo shromažďuje nebo zpracovává osobní údaje občanů EU, včetně společností a institucí mimo území EU, které působí na evropském trhu. Nařízení míří na firmy, instituce i jednotlivce, které zacházejí s osobními údaji zaměstnanců, zákazníků, klientů/pacientů či dodavatelů, a to napříč všemi segmenty a odvětvími. Zasáhne i ty, kteří sledují či analyzují chování uživatelů na webu, při používání aplikací nebo chytrých technologií.

Cílem GDPR je chránit digitální práva občanů EU. Ať už jde o bankovní instituce, zdravotnictví, veřejnou správu, všichni se budou v dohledné době potýkat s nutností upravit způsob zpracovávání osobních údajů. V případě závažného porušení pak budou firmám hrozit vysoké pokuty. GDPR začne v celé EU platit jednotně od 25. května 2018. V Česku tak nahradí současnou právní úpravu ochrany osobních údajů v podobě směrnice 95/46/ES a související zákon č. 101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů viz kapitola 3.1.

Práva a povinnosti v současném zákoně o ochraně osobních údajů budou nahrazena právy a povinnostmi vyplývajícími z Obecného nařízení. Zákon o ochraně osobních údajů po jeho novele bude již upravovat jen některé aspekty týkající se Úřadu pro ochranu osobních údajů a některé dílčí záležitosti nutné k dotvoření celého rámce ochrany osobních údajů, které nejsou Obecným nařízením upraveny, nebo které Obecné nařízení umožňuje upravit na vnitrostátní úrovni. U některých aspektů dokonce Obecné nařízení předpokládá vnitrostátní úpravu. To, že nová pravidla byla přijata formou evropského nařízení, znamená především jejich jednotnou platnost ve všech státech EU, aby je národní vlády a zákonodárci nemohli jakkoli ohýbat a přizpůsobovat místním zájmům nebo lobbistům.

Období od dubna 2016, kdy bylo GDPR schváleno, do května 2018, kdy vstoupí v platnost, je určeno přípravě. Během této doby musí všichni, kterých se nařízení týká, zrevidovat své informační systémy a postupy nakládání s osobními údaji. Během tohoto období přijmou také jednotlivé státy EU prováděcí zákon, jímž upřesní více než padesát bodů, které GDPR svěřuje do jejich národní pravomoci.

Dosud byl v oblasti ochrany údajů hlavním českým regulátorem Úřad pro ochranu osobních údajů (ÚOOÚ), který by měl v této funkci zůstat i nadále. Přibudou mu pravomoci odrážející závažnost celé reformy a zároveň bude částečně podřízen Evropskému sboru pro ochranu osobních údajů (EDPB). Nastane-li pak jakákoli pochybnost o rozhodnutí českého regulátora, vždy zde bude existovat možnost obrátit se na EDPB s odvoláním. [10]

Nařízení s sebou přinese rovnocennou vymahatelnost práva v celé EU, stejné sankce a mnohem těsnější spolupráci dozorových orgánů. Dopadne totiž skutečně na každého, kdo s osobními údaji při svém podnikání či působení pracuje. Občané EU tak opět získají kontrolu nad svými osobními údaji. GDPR zavádí celou řadu nových pravidel. Jejich platnost a dodržování bude muset každý správce i zpracovatel osobních údajů prokazatelně doložit po celou dobu zpracování. Přibude mu tím velká administrativní zátěž, bude muset například dokumentovat, že zpracovává pouze ta data, která jsou ke konkrétnímu účelu nezbytná. Je pravdou, že řada mechanismů, které GDPR obsahuje, je nám již známa z platné právní úpravy.

GDPR dává lidem, kterým údaje patří (těm říká subjekty údajů), do rukou nová práva. Kromě toho, že budou muset být o svých právech důkladně informováni, pak budou moci po správcích údajů vyžadovat něco, co doposud nemohli. Jde například o právo vznést námitku proti zpracování, kdy správce po takové námitce nebude moci údaje dále zpracovávat, nebude-li k tomu mít závažné, prokazatelné důvody. Občan by měl rovněž mít přístup k údajům, které jsou o něm shromažďovány a tento přístup by měl být ideálně přímý a online. Naprosto novým elementem je právo na smazání a jeho rozšíření na právo být zapomenut, díky kterému může osoba požadovat, aby byly bez zbytečného odkladu vymazány její osobní údaje, pokud neexistuje právní důvod pro jejich další zpracování.

S GDPR dochází také k rozšíření definice osobních údajů. Nově sem spadají i technické parametry jako e-mail, IP adresa nebo cookies v zařízení uživatele. Nová je kategorie tzv. genetických a biometrických údajů, jejichž zpracování bude podléhat přísnějšímu režimu. Největším strašákem se pro mnohé stane oznamovací povinnost v případě narušení bezpečnosti údajů. Nově bude muset zpracovatel ohlásit únik či ohrožení zabezpečení osobních dat Úřadu pro ochranu osobních údajů nejpozději do 72 hodin od okamžiku, kdy se o incidentu dozvěděl. V některých případech bude muset také informovat osoby a subjekty, kterých se únik týkal. [11]

V případě porušení, nezavedení či nepřipravenosti na nové nařízení hrozí povinným subjektům vysoké pokuty, které mohou být v mnoha případech až likvidační. GDPR po vzoru předpisů na ochranu hospodářské soutěže zavádí několikanásobně vyšší pokuty, než jsme byli doposud zvyklí. Jejich maximální výše je 20.000.000 eur nebo 4 % z celkového ročního obrátu společnosti a bude záviset na řadě faktorů, jako je např.: povaha, závažnost a délka porušování, počet poškozených občanů a míra škody, kroky podniknuté správcem či zpracovatelem ke zmírnění škod, kategorie osobních údajů dotčené porušením a řada dalších.

Je důležité zdůraznit, že maximální výše pokuty může být udělena jak menší společnosti s pěti zaměstnanci, tak velké nadnárodní korporaci, pokud neučiní kroky nezbytné k uvedení do souladu s principy a povinnostmi vyplývajícími z GDPR. Kromě udělení těchto správních pokut mohou být správci či zpracovatelé osobních údajů navíc vystaveni žalobám podaným fyzickými osobami s nárokem na náhradu škody v případě hmotné či nehmotné újmy. V neposlední řadě jsou společnosti

vystaveny ztrátě důvěry a reputačním rizikům způsobeným nesprávným zacházením s osobními údaji. [12]

### 3.3 Zákon o zdravotních službách

Zákon č. 372/2011 Sb. popisuje druhy a formy zdravotní péče, formu zdravotnické dokumentace, práva a povinnosti pacientů a osob pacientům blízkých, poskytovatelů zdravotních služeb, zdravotnických pracovníků, jiných odborných pracovníků a dalších osob v souvislosti s poskytováním zdravotních služeb.

V části šest je popsáno, jak by měla vypadat zdravotnická dokumentace. Šestá část tohoto zákona je rozdělena na 3 části-Hlavy. Hlava první se věnuje zpracování osobních údajů. Kdy v §52 se hovoří, o tom jak lze při zpracování osobních údajů nakládat s rodným číslem pacienta. Hlava druhá popisuje formát zdravotnické dokumentace, její vedení, obsah a nakládání s ní. Dále se zde píše o tom, kdo do dokumentace může nahlédnout a kdo může pořizovat výpis nebo kopie. Hlava třetí je pak věnována Národnímu zdravotnickému systému (NZIS). [13]

### 3.4 Zákon o kybernetické bezpečnosti

Zákon č. 181/2014 Sb.. Tento zákon upravuje práva a povinnosti osob a působnost a pravomoci orgánů veřejné moci v oblasti kybernetické bezpečnosti. Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje zajišťování bezpečnosti sítí elektronických komunikací a informačních systémů. Jsou popsána bezpečnostní opatření. Bezpečnostním opatřením se rozumí souhrn úkonů, jejichž cílem je zajištění bezpečnosti informací v informačních systémech a dostupnosti a spolehlivosti služeb a sítí elektronických komunikací v kybernetickém prostoru. Dále je zde popsáno jak postupovat v případě, že kybernetická bezpečnostní událost či kybernetický bezpečnostní incident a jak tyto situace nahlásit. Nadále jsou popsány evidence, opatření, varování, reaktivní a ochranná opatření a možné kontaktní údaje. V další části tohoto zákona je pak rozebrán stav kybernetického nebezpečí. Stavem kybernetického nebezpečí se rozumí stav, ve kterém je ve velkém rozsahu ohrožena bezpečnost informací v informačních systémech, nebo bezpečnost služeb elektronických komunikací, anebo bezpečnost a integrita sítí elektronických komunikací. Nalezneme zde i podmínky pro vyhlášení nouzového stavu. [14]

### 3.5 Shrnutí

Zákony stručně popsané v předchozích podkapitolách tvoří teoretický základ, jak nakládat se zdravotnickou dokumentací. Zdravotnickou dokumentací tvoří písemné zprávy od lékařů, ale zároveň i jiná vyšetření. Tato práce je zaměřena na zpracování obrazových dat z radiodiagnostických vyšetření.

Pro potřeby této práce bude nutné prezentované výsledky ošetřit tak, aby nebyl porušen zákon. Tedy data pomocí programu upravit (anonymizovat) tak, aby se nedalo jednoznačně identifikovat pacienta. Veškerá data v této práci jsou použita se souhlasem pacienta, ale budou v souladu se zákonem upravena.

Problematicku zákonů jsem se zabíral podrobněji, neboť je to pro mne důležité z hlediska pracovní náplně.



## 4 ANALÝZA DATOVÉHO FORMÁTU

Standard DICOM se ve zdravotnických zařízeních využívá na obrovském množství přístrojů od různých výrobců. Tyto přístroje jsou využívány pro různé druhy vyšetření. V dnešní době, kdy je snaha o digitalizování každého vyšetření a možnost nahlédnout na výsledky i ze vzdáleného pracoviště nebo domova přes vzdálený přístup. Výrobci, se proto snaží, aby jejich přístroje komunikovali s NIS a PACSem ve formátu DICOM.

Přestože DICOM je standard, umožňuje dílčím výrobcům si do hlavičky souboru přidávat své vlastní specifické tagy. Je nutné dodržovat zásady standardu. Pro potřeby této práce bude porovnání zaměřeno na přístroje a výrobce, se kterými nejčastěji pracují na oddělení CyberKnife (CT a MRI). S daty z těchto modalit se tu pracuje nejčastěji. Budou porovnávána data poskytnutá oddělením, ale i data z jiných nemocničních zařízení.

Tabulky v příloze ukazují rozdílný počet atributů, stejné atributy jsou označeny pro všechny 3 výrobce zelenou barvou. Modře označené tagy, které jsou shodné pro přístroje Siemens a GE. Oranžovou barvou jsou označeny shodné tagy u GE a Philips. Neoznačené tagy jsou rozdílné a obsahují doplňkové informace o souboru a přístroji, na kterém byly pořízeny.

Data pořízená na CT přístroji značky **Siemens** mají v hlavičce souboru celkem 90 tagů, ale před tím než jsem s nimi mohl pracovat, byla upravena. Kvůli ochraně osobních údajů byla citlivá data vymazána. Software k tomu užítý přidal 2 položky do seznamu atributů (PatientIdentityRemoved, DeidentificationMethod). Dále je zde uvedena informace o datu a čase poslední kalibrace, která byla provedena servisem. Dalšími informacemi, které jsou obsaženy v souboru: pozice vyšetřovacího stolu, vzdálenost pacienta od zdroje záření a pozice zdroje záření od detektoru. Přístroj od firmy Siemens využívá Hounsfieldovu škálu v rozmezí od 0 HU až do hodnot +4000 HU.

CT přístroj od firmy **Philips** využívá škálu v rozmezí -1000 HU až +3000 HU. Počet atributů je 72. Data byla anonymizována, aby se dala použít jako ukázková, použitý program pouze vymazal citlivé informace a přiřadil hodnotu tagu PatientID jako Anonymized.

Data z CT přístroje od firmy **GE** mají v hlavičce souboru DICOM celkem 245 tagů. 127 z nich je označeno jako *private* a udávají doplňkové informace. GE využívá škálu, kde vzduch má hodnotu -1000 HU, tedy shodnou jako přístroje od firmy Philips. Data byla anonymizována pomocí stejného programu jako data z přístroje Philips, nejsou zde uvedeny žádné osobní údaje.

Do porovnání byla zahrnuta navíc data z magnetické rezonance od firmy Philips. Velikost souboru je menší než u CT snímků (100 kB), Počet souborů z vyšetření MRI je mnohem větší než je tomu u CT. Magnetická rezonance vytváří soubory ve vícero projekcích z různých náhledů. Rozdílná velikost souboru je dána rozlišením, které je v případě MRI menší 320 x 320 bodů. Výčet tagů je, ale mnohem dvounásobný. Hlavička souboru DICOM z magnetické rezonance obsahuje 447 údajů. Velká část z nich je privátní, stejně jako tomu bylo u CT od firmy GE, ale značný počet tagů je shodný s tagy jako u všech CT přístrojů.



Specifické tagy u magnetické rezonance udávají informace o síle magnetického pole, frekvence užitá pro vyšetření a další nezbytné informace. MRI systém má zadaných více parametrů o pacientovi než tomu bylo u CT. Jsou zde shodné informace o jménu, rodném čísle, pohlaví, dopočteném věku pacienta z rodného čísla. Navíc oproti CT jsou zde uvedeny i informace o váze, výšce pacienta, informace o alergii na kontrastní látku a informaci zda je pacientka těhotná.

**Porovnání CT sérií:** Většina tagů je shodná u všech tří sérií. Jsou zde obsaženy údaje o vlastnostech snímků jejich rozlišení, velikost souboru. Další informace obsažené jsou o pacientovi (ve všech třech případech anonymizována), SOP třída, délka vyšetření, atd.. Velikost souboru je přibližně stejná 525 kB. Rozlišení je stejné 512 x 512 obrazových bodů. Největší odlišnost mezi daty je použitá stupnice denzity. Stupnice denzity je stejná u přístrojů GE a Philips (-1000HU pro hodnoty vzduchu), Siemens používá stupnici, kde je hodnota vzduchu rovna 0HU. Dalším významným rozdílem je počet tagů. Snímky z přístroje GE mají o více než 150 tagů, než soubory z přístrojů Philips a Siemens. Může to být dáno stářím přístrojů. GE přístroj je starý asi 2 roky a je součástí SPECT/CT. To může mít vliv na velký počet privátních tagů, kterými si výrobce přesně určuje polohu stolu, polohu pacienta, rychlost pohybu stolu a spoustu dalších informací. Použitá škála hounsfieldových jednotek je u dvou přístrojů stejná.

## 5 NÁVRH A REALIZACE ALGORYTMU PRO MODIFIKACI PACIENTSKÝCH DAT

DICOMEDITOR pro editaci a zpracování dat ve formátu DICOM. Výsledný program bude využíván v klinickém provozu na pracovišti CyberKnife FNO.

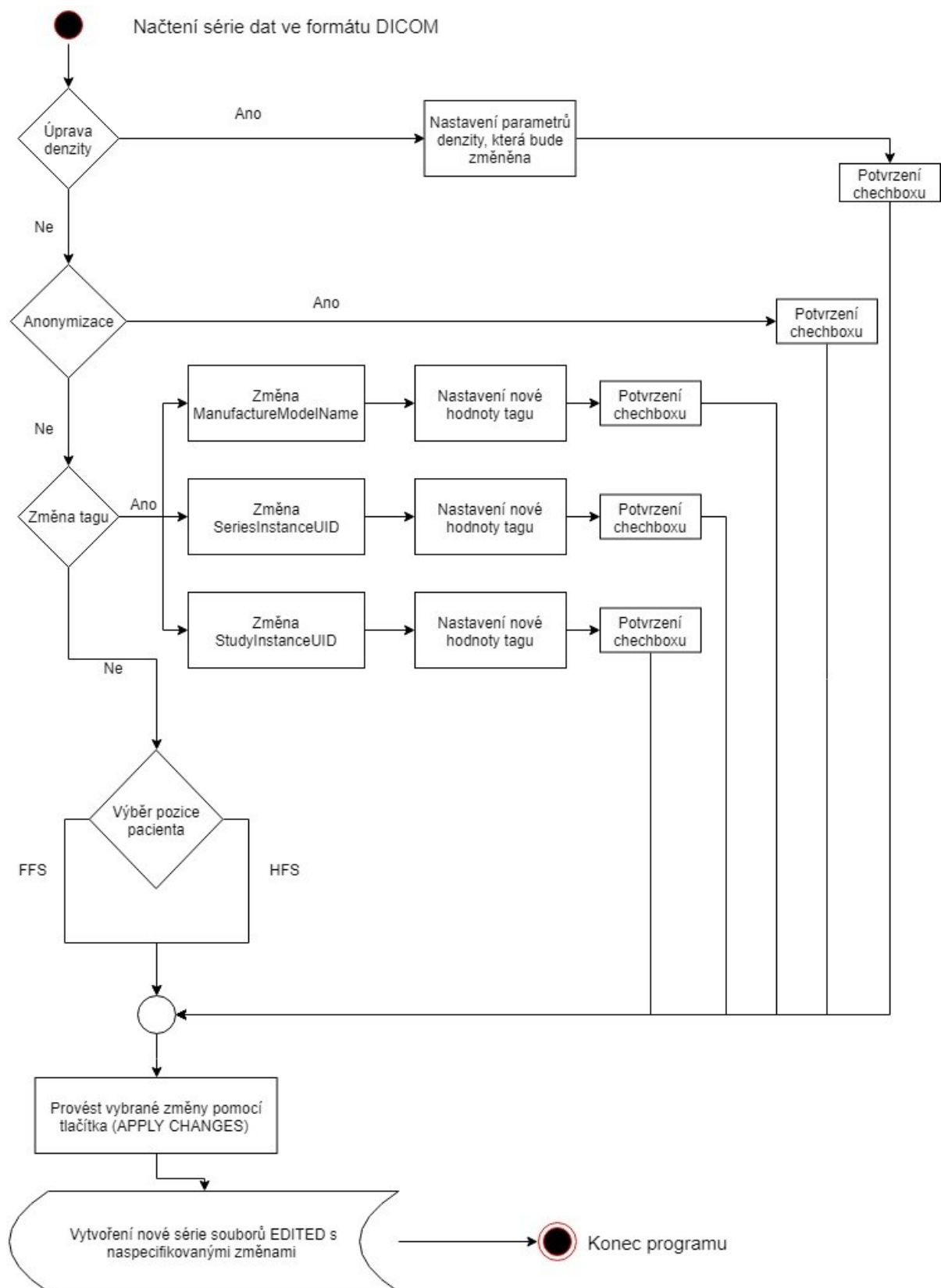
Prvním úkolem při vývoji programu byla návštěva a konzultace se zdravotníky pracoviště CyberKnife, kteří budou v budoucnu s programem pracovat. Prodiskutovali jsme, jak by mohlo prostředí vypadat, jaké funkce potřebují a jak by mohli být umístěné ovládací prvky, aby vše bylo co nejvíce komfortní, přehledné a intuitivní pro obsluhující personál. Po dohodě, jak zacházet s citlivými daty, mi byla poskytnuta reálná patientská data ve formátu DICOM. Na poskytnutých budou testovány funkce programu, ať už se bude jednat o anonymizaci či jiné operace, které usnadní zdravotníkům práci. Jedna série dat byla určena hlavně pro testování změny tagu a anonymizaci. Druhá pro změnu denzity v řezu. Další data pro testování mi byla poskytnuta Krajskou nemocnicí Liberec. Před samotným implementováním, bylo nutné nastudovat formát dat standardu DICOM (Kapitola 1).

### 5.1 Návrh Algorytmu

Pro realizaci bylo vybráno programové prostředí MATLAB. Využití tohoto programu přináší mnoho výhod. MATLAB je špičkové integrované prostředí pro vědeckotechnické výpočty, modelování, simulace, prezentaci a analýzu dat. Je to nástroj pro pohodlnou interaktivní práci, tak i pro vývoj aplikací. Poskytuje svým uživatelům grafické a výpočetní nástroje, ale i rozsáhlé knihovny funkcí umožňující zpracování obrazů mnoha formátů. Během studia jsem používal verzi R2014a. V té bohužel některé zamýšlené funkce nepracovaly správně. Bylo nutné přejít na novější verzi R2016a. Tento upgrade odstranil problémy, které způsobovala zastaralá verze.

Jak funguje celý program, popisuje vývojový diagram na obrázku 8. Vývojový diagram znázorňuje průběh programu. Diagram byl velmi nápomocný při tvorbě samotného programu. Dobře se v něm hledají chyby a je možné sledovat postup programu a případně vše poopravit. Diagram byl sestaven v programu Microsoft Visia.

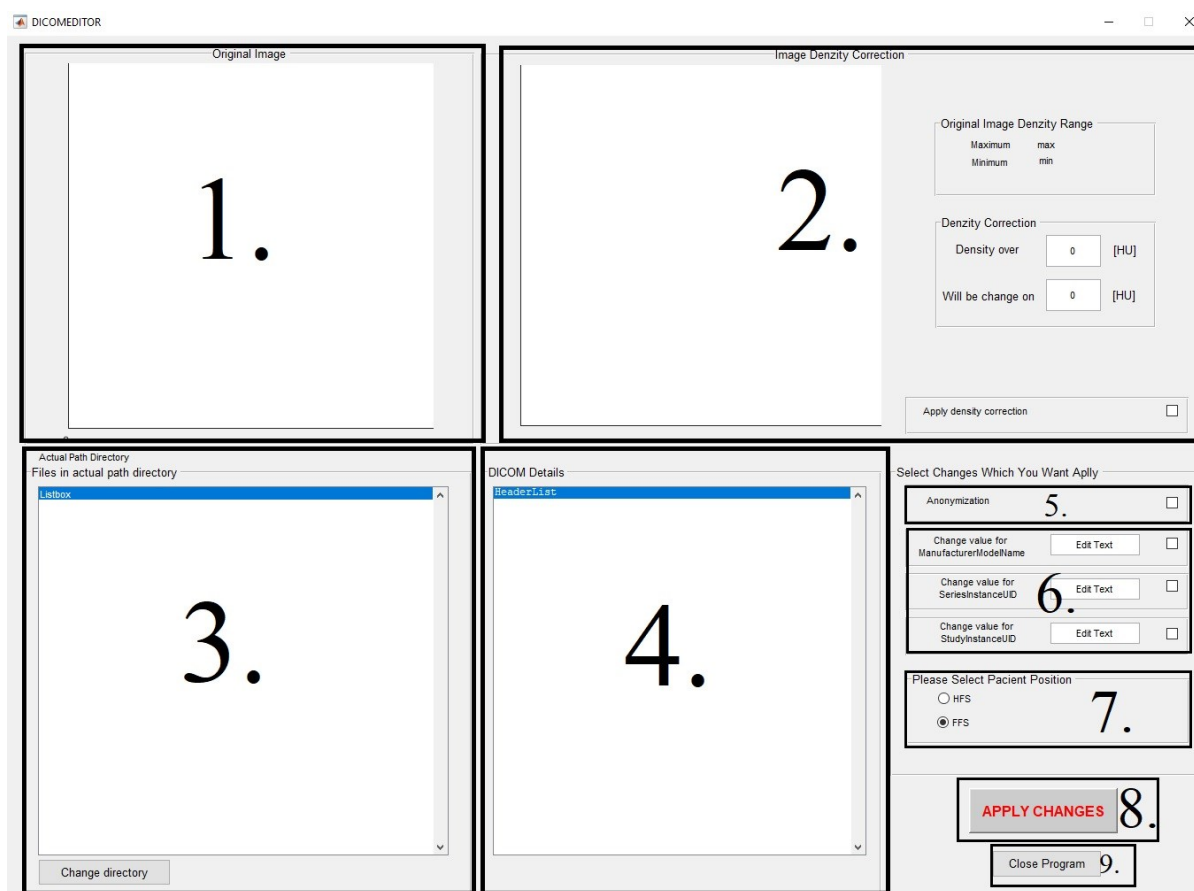
Prvním krokem je nahrání dat ve formátu DICOM. Další postup záleží pouze na uživateli, jaké funkce programu potřebuje použít. Program umožňuje uživateli nastavit parametry pro denzitu, změnit vybrané tagy nebo anonymizovat nahraná data. Jediná funkce, která musí být zadána, je poloha pacienta. Pro vykonání vybrané funkce je nutné zaškrtnout připravené checkboxy.



Obr. 8. Vývojový diagram program DICOMEDITOR

MATLAB nepracuje jako běžné programovací jazyky, kdy se nejprve realizuje kód a poté se připravuje prostředí. Nejprve bylo navrženo prostředí, kde byly zapracovány poznatky ze schůzky na oddělení. Až poté se vkládali samotné funkce přes callbacky jednotlivých částí prostředí v závislosti na jejich funkci.

Prostředí bylo navrženo pomocí funkce GUIDE, která spouští vývojové okno pro vytváření GUI. Pomocí této funkce je možné vybrat a rozmístit požadované ovládací prvky a grafické objekty. Nastavovat a měnit jejich vlastnosti. Guide po úpravách a uložení změn vytváří soubor s příponou \*.fig, kde jsou zapsány informace o prostředí a poloha ovládacích prvků. Zdrojový kód programu pak je obsažen v souboru se stejným jménem pouze s příponou \*.m. [15]



Obr. 9. Náhled prostředí DICOMEDITORu. Ukázka rozložení ovládacích prvků

#### Vysvětlivky:

1. Okno pro náhled originálních neupravených obrazů
2. Náhled pro data, kterým je upravována denzita + ovládací prvky
3. Seznam načtených souborů jejich počet a cesta k tomu kde jsou uloženy
4. Seznam tagů pro každý soubor
5. Funkce pro anonymizaci
6. Funkce pro změnu konkrétního tagu
7. Určení pozice pacienta
8. Tlačítko pro uložení navolených změn
9. Tlačítko pro ukončení programu

## 5.2 Změna denzity

Jednou z funkcí programu je změna denzity. Tato funkce pracuje převážně s daty, které pocházejí z výpočetní tomografie. CT se stalo za posledních 20 let standardním vyšetřovacím postupem dostupným prakticky ve všech nemocničních zařízeních České republiky. Jde o dynamickou metodu s excelentní prostorovou rozlišovací schopností umožňující provádět virtuální 3D nebo dynamická 4D vyšetření. Tato metoda využívající RTG záření, zejména jeho schopnost diferencovaně se absorbovat v tkáních s různým složením. Cílem této funkce je z originálních dat odstranit neúčinné hodnoty a změnit je na hodnoty vody. Mělo by to vést ke snadnější orientaci ve snímku při plánování výkonu na CyberKnifu, kde díky tomu nebudou vadit například projekce endoprotéz nebo jiných kovových implantátů. [16]

### 5.2.1 Hounsfieldovi jednotky

Výsledná hodnota absorpce a rozptylu procházejícího záření, je následně vyjádřena pomocí denzitní jednotky – **Hounsfieldovy jednotky [HU] (CT číslo)**, která vyjadřuje absorpci záření daného voxelu vztaženou k absorpci záření vody (pro vodu platí  $HU = 0$ ). Detektory následně zjišťují součet absorpcí všech voxelů, kterými paprsek prošel. Transversální řez zkoumaného objektu počítačovou tomografií je tvořen více než 250 000 voxely ( $512 \times 512$ ). Voxel je malá jednotka objemu tkáně s různou průměrnou absorpcí a rozptylem použitého RTG záření. Ke zjištění absorpce voxelu je třeba, aby jím RTG záření prošlo opakovaně a to pod různými úhly. Hounsfieldovy jednotky jsou tedy vyjádřením denzity (míry absorpce a rozptylu záření) konkrétních voxelů. Pro každý voxel je z naměřené hodnoty absorpce vypočítána příslušná HU. [17] [18]

Hodnota HU je definována podle vztahu:

$$HU = \frac{\mu - \mu_w}{\mu_w} * k$$

Kde  $k$  je smluvená konstanta o velikosti 1000

Kde  $\mu$  je koeficient zeslabení vyšetřované tkáně

Kde  $\mu_w$  je koeficient vody (absorpční koeficient  $\mu_w = 0,22 \text{ cm}^{-1}$ )

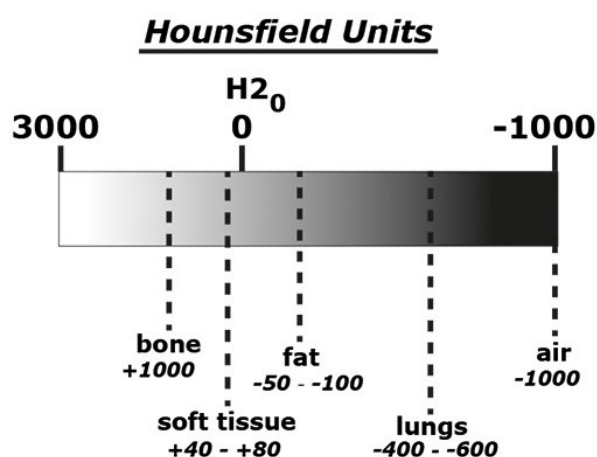
Hounsfieldova škála umožňuje stanovit hodnoty denzity zobrazovaných tkání či materiálů různého složení. [17] [18]

V kapitole 5 bylo zjištěno, že každý výrobce může užívat jinou škálu. Nejčastěji je používána škála v rozmezí od -1000 HU do +3000 HU. Pro vysvětlení problematiky tedy budou pojmy vysvětlené na stupnici (-1000 HU až 3000 HU). Hodnoty denzity jsou ukázány v Tabulce 1.

Tabulka 1: Density některých tkání a materiálů[16]

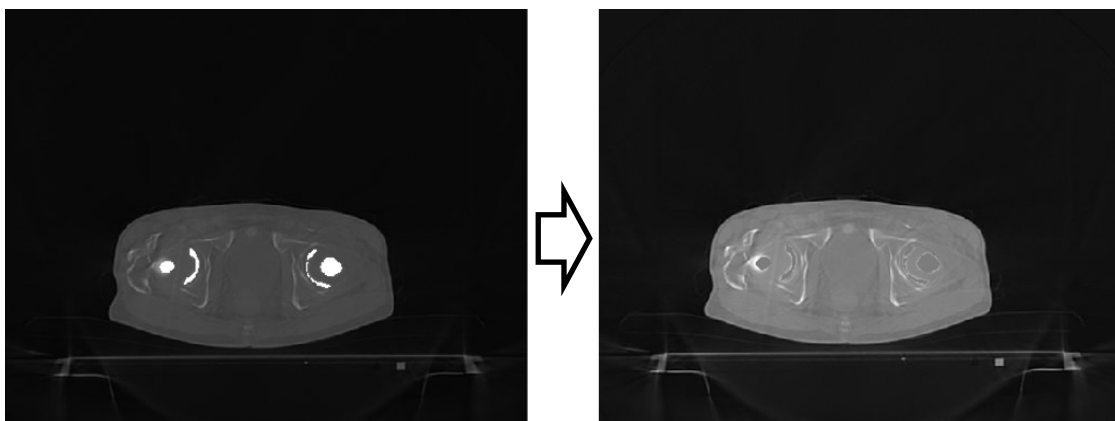
Druh tkáně	Denzita
Kovové implantáty	>2000 HU
Kosti, kalcifikace	1000 HU
Sražená krev (koagulum)	65-85 HU
Měkké tkáně, parenchymové orgány	40 - 80 HU
Tekutinové útvary (likvor, moč, žluč)	0-15 HU
Tuk	-50 až -100 HU
Vzdušná plíce	-400 až -600 HU
Vzduch	-1000

Pro lepší pochopení, co která hodnota reprezentuje, je ukázáno na Obrázku 11. Na obrázku je zobrazena osa ve stupních šedi, kde černá odpovídá hodnotám vzduchu. Naopak světlejší odstíny šedé až bílé odpovídají hodnotám kostí a kovových implantátů/šroubů.



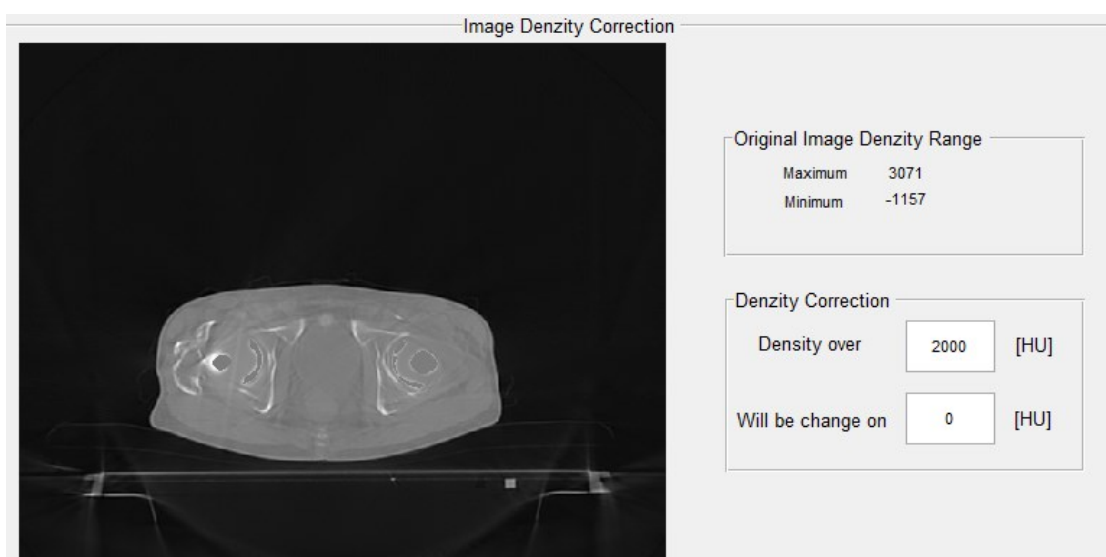
Obr. 10. Osa ve stupních šedi s odpovídajícími hodnotami density[19]

Po načtení série dat je vybrán obraz, na kterém se budou dobře dít pozorovat změny. Nejlepším příkladem je snímek s endoprotézou, kde jsou dobře viditelné density kovu oproti ostatním tkáním. Na obrázku 11 můžeme pozorovat, že pacient má implantované v obou kyčlích endoprotézy. Tento snímek je ideální pro ukázkou funkce změna density. Obsluhující personál ručně zadá, jaké hodnoty mají být změny v závislosti na užití Hounsfieldově stupnici použité výrobcem.



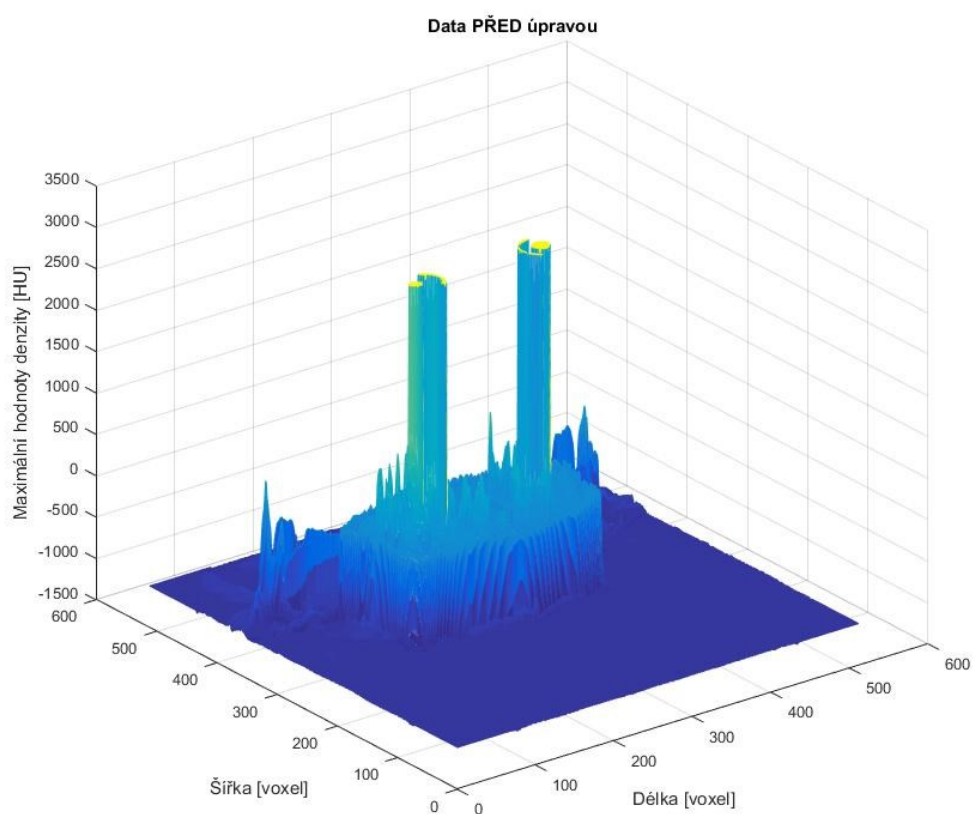
Obr. 11. Ukázka původního snímku (vlevo) a programem upraveného snímku (vpravo) kdy byly hodnoty endoprotézy nahrazeny hodnotami vody

V původním snímku jsou hodnoty od  $-1157$  HU až  $+3071$  HU. Jsou dobře rozpoznatelné denzity kovu, obsaženém v endoprotéze. Maximální a minimální hodnotu užité škály uživatel odečte z programu vypočítaných hodnot. Z Tabulky 1, lze odečíst nastavení, které je nutné do programu zadat, aby nebyly potlačeny užitečné hodnoty kostí. Ty se pohybují okolo hodnoty pro kosti  $1000$  HU a pro kov  $>2000$  HU.



Obr. 12. Ukázka prostředí s nastavenými hodnotami pro změnu denzity a náhled úprav

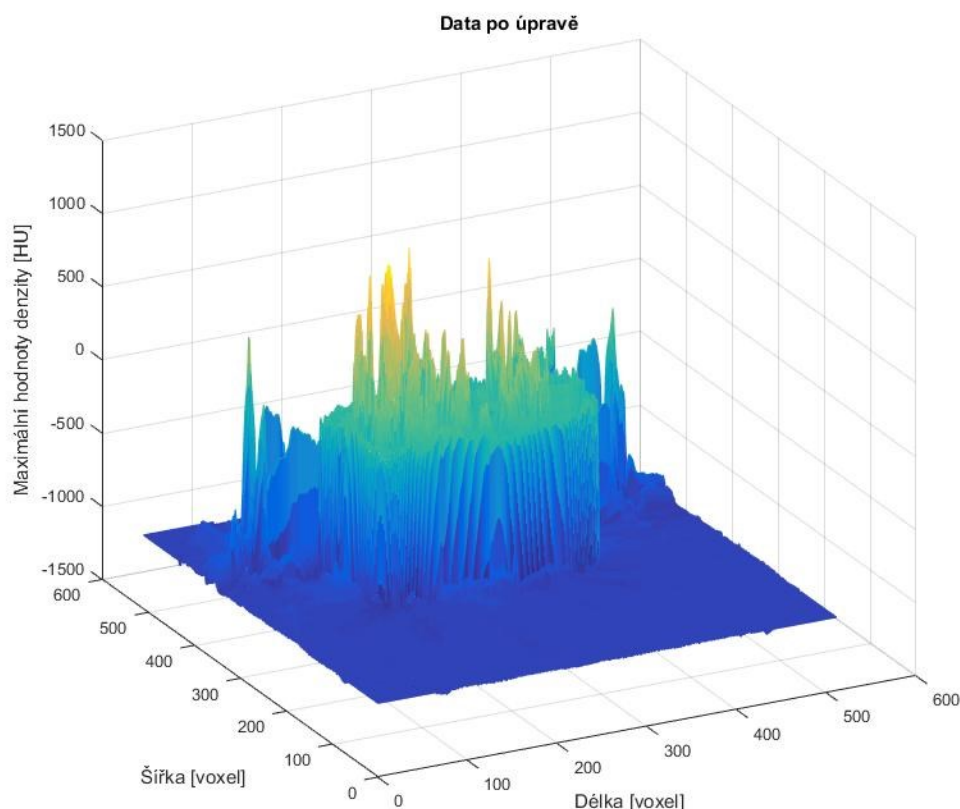
Proto byly nastaveny hodnoty  $2000$  HU a  $0$  HU. Po přepočítání budou všechny hodnoty nad  $2000$  HU nahrazeny hodnotou pro vodu tedy  $0$  HU. Na snímku 12 je prezentován náhled na soubor po úpravě. Po uložení změn se nastavení hodnot denzity propíše do všech souborů série.



Obr. 13. Data před úpravou převedená do 3D modelu

Obrázek 13 reprezentuje původní data před úpravou denzity převedená do 3D modelu. Maximální denzita dosahuje hodnoty +3071 HU a rozlišení obrazu je 512 x 512 voxelů. Jsou zde vidět dva sloupce reprezentující hodnoty endoprotéz. Ty výrazně přesahují hodnoty ostatních tkání.





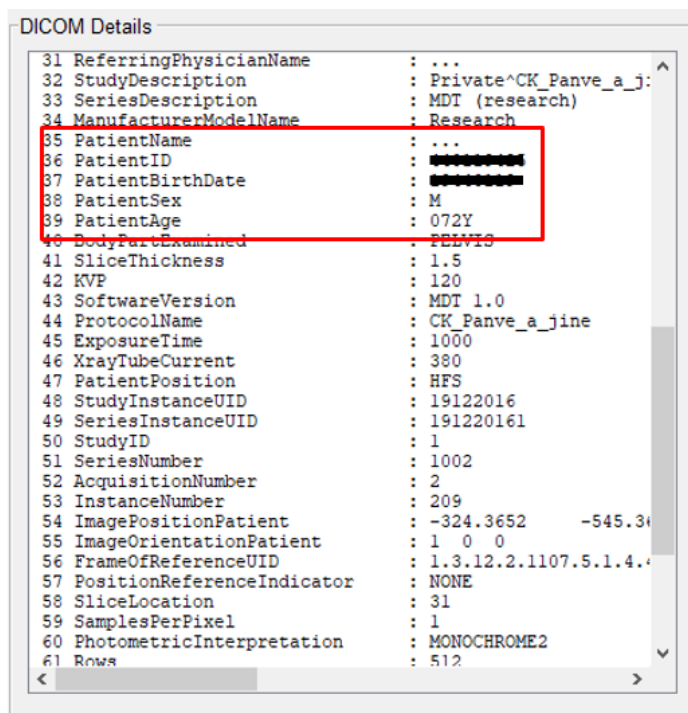
Obr. 14. Data po úpravě převedená do 3D modelu

Po úpravě jsou hodnoty kovu endoprotézy změněny na hodnotu vody. Tato úprava je předvedena na obrázku 14. Rozlišení se po úpravě nemění je stejné jako u originálního obrazu 512 x 512 bodů. Hodnoty pro endoprotézu jsou odstraněny a lépe vyniknou hodnoty pro ostatní tkáň.

### 5.3 Anonymizace

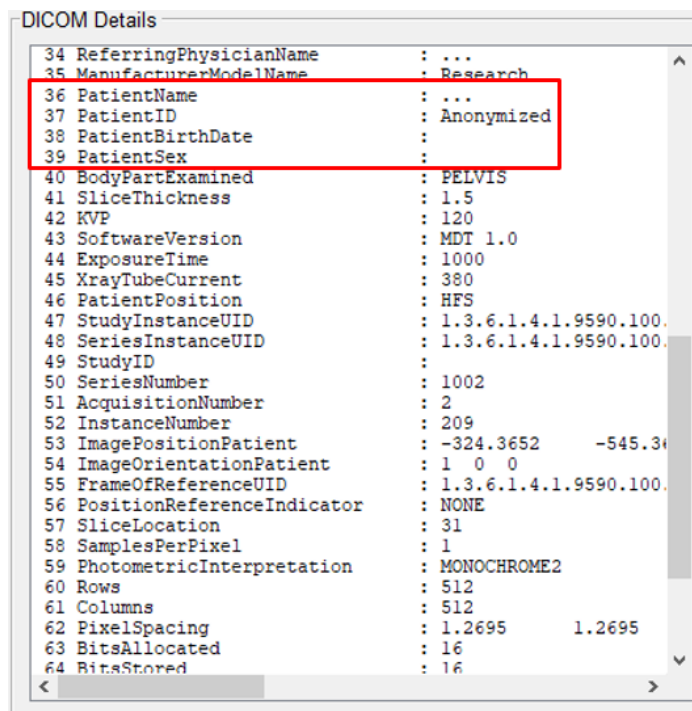
Program bude používán na klinickém pracovišti CyberKnife, kde se dosahuje optimalizací postupů při léčbě zajímavých výsledku. Tyto výsledky jsou prezentovány odborníkům z jiných pracovišť nebo studentům. Díky platné legislativě je nutné před prezentací dat citlivé údaje odstranit, aby byla zaručena anonymita pacienta. Po provedení funkce anonymizace jsou soubory připravené k prezentaci široké veřejnosti v souladu s platnou legislativou.

Při implementaci této části programu byl použit příkaz dicomanon. Dicomanon odstraní důvěrné lékařské informace ze souboru DICOM. Zadavatel si přál, aby po anonymizaci byl tag PatientID označen jako Anonymized. Obrazové údaje a další atributy zůstávají zachovány bez změny. Informace o polích, které tato funkce upravuje a jakým způsobem jsou popsána v dodatku standardu DICOM 55. [20] [21]



Obr. 15. Originální neupravení data obsahující osobní údaje o pacientovi

Na Obrázku 15, je výpis tagů obsahujících osobní údaje. Kvůli prezentaci dosažených výsledků a dodržení zákona jsou osobní údaje pacienta překryty černým pruhem, aby byla zachována anonymita. Po provedení anonymizace jsou veškeré osobní údaje nenávratně odstraněny a do tagu PatientID je zapsána hodnota *Anonymized*. Výčet tagů po úpravě prezentuje obrázek 16.



Obr. 16. Ukázka dat po úpravě funkcí anonymizace

## 5.4 Změna vlastností DICOM souboru

Změnou vlastností DICOM souboru se rozumí upravit atributy/tagy. Funkce upravuje a přepisuje hodnoty předem vybraných a nadefinovaných tagů, které způsobují kolizi v systému CyberKnife, nebo opravuje chyby, které byly způsobené lidským faktorem. Příkladem může být, že personál špatně zadal některé důležité hodnoty.

Kolize systému je způsobena tím, že obsluhující personál nahraje do přístroje CyberKnife sérii snímků pořízených ve většině případů z CT. Na té se pak provádí plánování výkonu. Někdy, je ale potřeba sérii upravit v jiném programu nebo sloučit dvě série kvůli lepšímu zobrazení některých tkání.

Příkladem může být fúze souborů, kdy pacient na jedné sérii měl vyprázdněný močový měchýř a při druhém snímání ne. Dalším příkladem může být stav plic při výdechu/nádechu. Také mohou být fúzovány snímky z CT a MRI. Fúze CT/MRI je výhodná díky tomu, že se různé tkáně jinak zobrazují na CT a jinak na MRI. Nejlepším příkladem, kdy jsou fúzovány série z CT a MRI jsou snímky prostaty. Prostata je mnohem lépe zobrazena na MRI, ale na CT jsou zase lépe zachyceny kosti. Tyto úpravy pak způsobují, že systém už neumožňuje nahrání série se stejnými atributy a systém je záměrně blokuje.

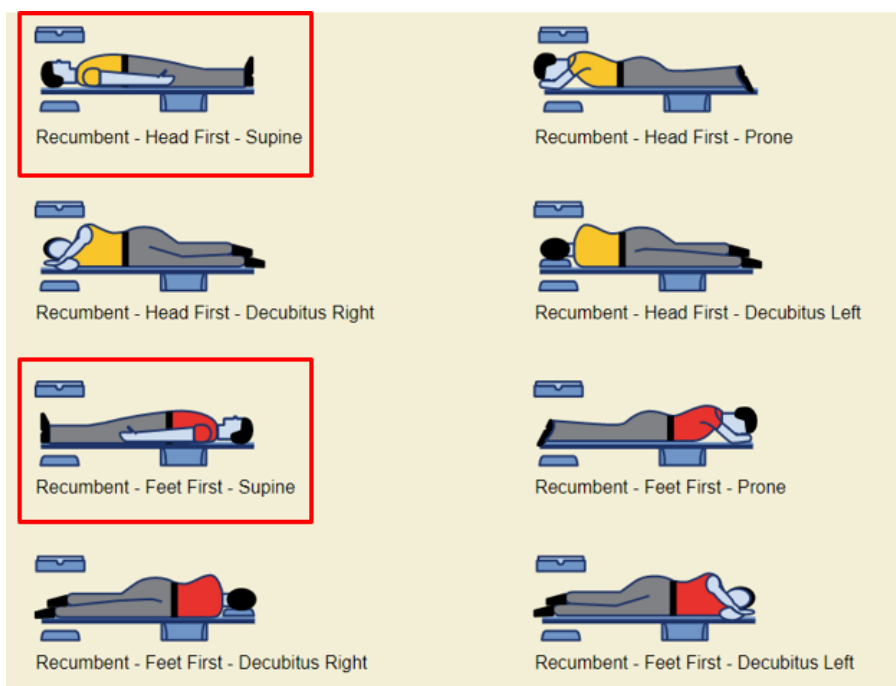
S odborníky z oddělení bylo vytipováno několik Tagů, které způsobují kolizi. Kolize je způsobena tím, že jsou hodnoty shodné s původní sérií nebo úplně chybí.

Tagy způsobující kolizi jsou:

- StudyInstanceUID
- SeriesInstanceUID
- ManufacturerModelName

Výsledná podoba programu je navržena po kooperaci s personálem tak, že nebudou muset nikde nic složitě vyhledávat. Tagy jsou předvolené a připravené na změnu hodnoty. Toto řešení přináší uživateli výraznou úsporu času. Pokud by to bylo nutné, dají se časem vybrané tagy upravit nebo zaměnit za jiné.

Chyba způsobená lidským faktorem může být třeba špatně zadaná pozice pacienta. Nejčastěji jsou používány pozice HFS (Head First-Supine) a FFS (Feet First-Supine) kdy pacient leží na zádech a je při vyšetření do přístroje umístěn napřed hlavou nebo nohami. Pro lepší představu je na obrázku 17 ukázána pozice pacienta a přístroje.



Obr. 17. Pozice pacienta v přístroji - zkratky HFS (Head first supine) a FFS (Feet first supine) [22]

Pacient leží na zádech, v poloze HFS – Head First Supine je při vyšetření do gantry přístroje vsunut kraniálním směrem, tudíž nejprve hlavou. Na obrázku 17 panáček ve žlutém tričku označený červeným rámečkem. V případě vyšetření v poloze FFS – Feet First Supine je směr těla opačný – panáček v červeném tričku v červeném rámečku.

Při práci s tagy bylo nutné dodržet zásady uvedené ve standardu DICOM konkrétně v části PS3.6. Dodržet označení konkrétního tagu a ošetřit, aby se dala zadávat jak slova, tak i čísla. Funkčnost této části programu reprezentují ukázky na obrázku 19 a 20. Na obrázku 19 je ukázán originální seznam tagů před úpravou. Hodnoty před změnou jsou pro přehlednost označeny červeným rámečkem. Původní hodnoty byly pro ukázku funkčnosti a kompatibility znaků změněny jak na slova tak i čísla. Tabulka 2 ukazuje, jaké hodnoty byly do programu zadány. Data po změně jsou prezentovány na Obrázku 20. Změněné tagy jsou označeny zeleným rámečkem.

Tabulka 2: Nové hodnoty tagů zadané do programu

Tag	Nová hodnota tagu
ManufacturerModelName	Diplomová práce
SeriesInstanceUID	30.04.2018
StudyInstanceUID	DP30042018
Pozice pacienta	FFS

36	ManufacturerModelName	: Sensation Open
37	PatientName	: ...
38	PatientID	:
39	PatientBirthDate	:
40	PatientSex	:
41	PatientIdentityRemoved	: YES
42	DeidentificationMethod	: DICOMANON (rev R2010)
43	BodyPartExamined	: PELVIS
44	SliceThickness	: 1.5
45	KVP	: 120
46	DataCollectionDiameter	: 500
47	SoftwareVersion	: syngo CT 2014A
48	ReconstructionDiameter	: 650
49	DistanceSourceToDetector	: 1040
50	DistanceSourceToPatient	: 570
51	GantryDetectorTilt	: 0
52	TableHeight	: 205
53	RotationDirection	: CW
54	ExposureTime	: 1000
55	XrayTubeCurrent	: 380
56	Exposure	: 400
57	FilterType	: 0
58	GeneratorPower	: 45
59	FocalSpot	: 1.2
60	DateOfLastCalibration	: 20171020
61	TimeOfLastCalibration	: 065338.000000
62	ConvolutionKernel	: B31s
63	PatientPosition	: HFS
64	StudyInstanceUID	: 1.3.6.1.4.1.9590.100
65	SeriesInstanceUID	: 1.3.6.1.4.1.9590.100
66	StudyID	:

Obr. 18. Seznam tagů před úpravou

Obrázek 18 ukazuje původní seznam tagů, než byly předvolené tagy (označeny červeným rámečkem) změněny programem na hodnoty z tabulky 2. Na obrázku 19 je předveden upravený seznam atributů dle zadaných hodnot. Pro přehlednost označeny zeleným rámečkem.

36	ManufacturerModelName	: Diplomová práce
37	PatientName	: ...
38	PatientID	: Anonymized
39	PatientBirthDate	:
40	PatientSex	:
41	BodyPartExamined	: PELVIS
42	SliceThickness	: 1.5
43	KVP	: 120
44	DataCollectionDiameter	: 500
45	SoftwareVersion	: syngo CT 2014A
46	ReconstructionDiameter	: 650
47	DistanceSourceToDetector	: 1040
48	DistanceSourceToPatient	: 570
49	GantryDetectorTilt	: 0
50	TableHeight	: 205
51	RotationDirection	: CW
52	ExposureTime	: 1000
53	XrayTubeCurrent	: 380
54	Exposure	: 400
55	FilterType	: 0
56	GeneratorPower	: 45
57	FocalSpot	: 1.2
58	DateOfLastCalibration	: 20171020
59	TimeOfLastCalibration	: 065338.000000
60	ConvolutionKernel	: B31s
61	PatientPosition	: FFS
62	StudyInstanceUID	: DP30042018
63	SeriesInstanceUID	: 30.04.2018
64	StudyID	:
65	SeriesNumber	: 2
66	AcquisitionNumber	: 2

Obr. 19. Seznam tagů po úpravě

## 6 TESTOVÁNÍ A VERIFIKACE

Během testování bylo odhaleno několik problémů. Program bylo nutné upravit a odstranit tyto neshody. Při testování funkce změny denzity byl zjištěn špatný výsledek úpravy dat. Tento problém byl identifikován (rozdílné použité škály výrobcem zařízení) a odstraněn. Po dohodě s pracovištěm bude možné, aby si hodnoty uživatel mohl měnit dle použité škály. Postup byl otestován a shledán jako přijatelný. Dalším úspěšným krokem ke zlepšení aplikace bylo výrazné zkrácení času dopočítání změn denzity. Stávalo se, že program během prohlížení snímku zamrzl a bylo nutné ho restartovat. Tuto problematiku se také podařilo odstranit nebo modifikovat, aby se tomuto problému předešlo.

Jednou z dalších odhalených komplikací byl problém při anonymizování. Použitá funkce dicomanon vždy vyváří nový soubor. Takže při každém použití anonymizace, byl vytvořen jeden soubor se změněnými tagy a druhý s vymazanými osobními údaji. Tento zádrhel byl odstraněn vytvořením podmínek. Pokud se anonymizuje je vytvořen nový soubor funkcí dicomanon a další požadované změny se zapisují do něj. Pokud se uživatel nerozhodne odstranit citlivé údaje, tedy nevyužívá funkci anonymizace, vytvoří se kopie originálního souboru. Upraví název nového souboru, aby šlo rozpoznat, že se se souborem prováděli navolené změny.

V prvních verzi programu, se měnily všechny tagy najednou na stejnou hodnotu. Nejprve bylo nutné opravit možnosti zadávání. Bylo žádoucí, aby uživatel mohl psát jak slova, tak i čísllice. Tento problém se nakonec podařilo odstranit. Ve finální podobě programu se dá pro každý předvolený tag nastavit jiná hodnota. Původním záměrem bylo, že si uživatel vybere tagy ze seznamu a rovnou jim bude moct vepsat novou hodnotu. Toto řešení se nepodařilo zrealizovat. Proto se přistoupilo k tomu, že budou vybrány nejvíce problematické atributy. Byly vytipovány 3 nejproblematictější tagy. Program byl upraven tak, aby uživatel nemusel zdlouhavě nic hledat. Pouze zapíše požadovanou hodnotu do připraveného pole a potvrdí checkbox. Tímto řešením se celý proces značně urychlil.

Zadavatel si přál, aby bylo možné provést různé úkony nezávisle na sobě. Bylo tedy žádoucí, vytvořit ovládací prvky, které by toto umožnily. Výsledkem jsou checkboxy. Každá funkce, pokud má být provedena, musí mít zaškrtnutý checkbox. Díky nim bude možné vybrat si funkce, které se mají propsat do výsledného upraveného souboru. Uživatel navolí změny, které chce provést, zaškrtně příslušné checkboxy a stiskne tlačítko APLY CHANGES. Program začne provádět změny. V tomto případě bylo nutné ošetřit, aby uživatel nemohl už provádět další dodatečné změny. Při testování, než byl tento problém ošetřen, docházelo k pádu programu. Když byly prováděny úkony a uživatel chtěl změnit například prohlíženou složku, došlo k zamrznutí a pádu aplikace. Po použití tlačítka APPLY CHANGES se všechny tlačítka uzamknou a kurzor myši se změní na hodiny. To uživatele upozorní, že program pracuje.

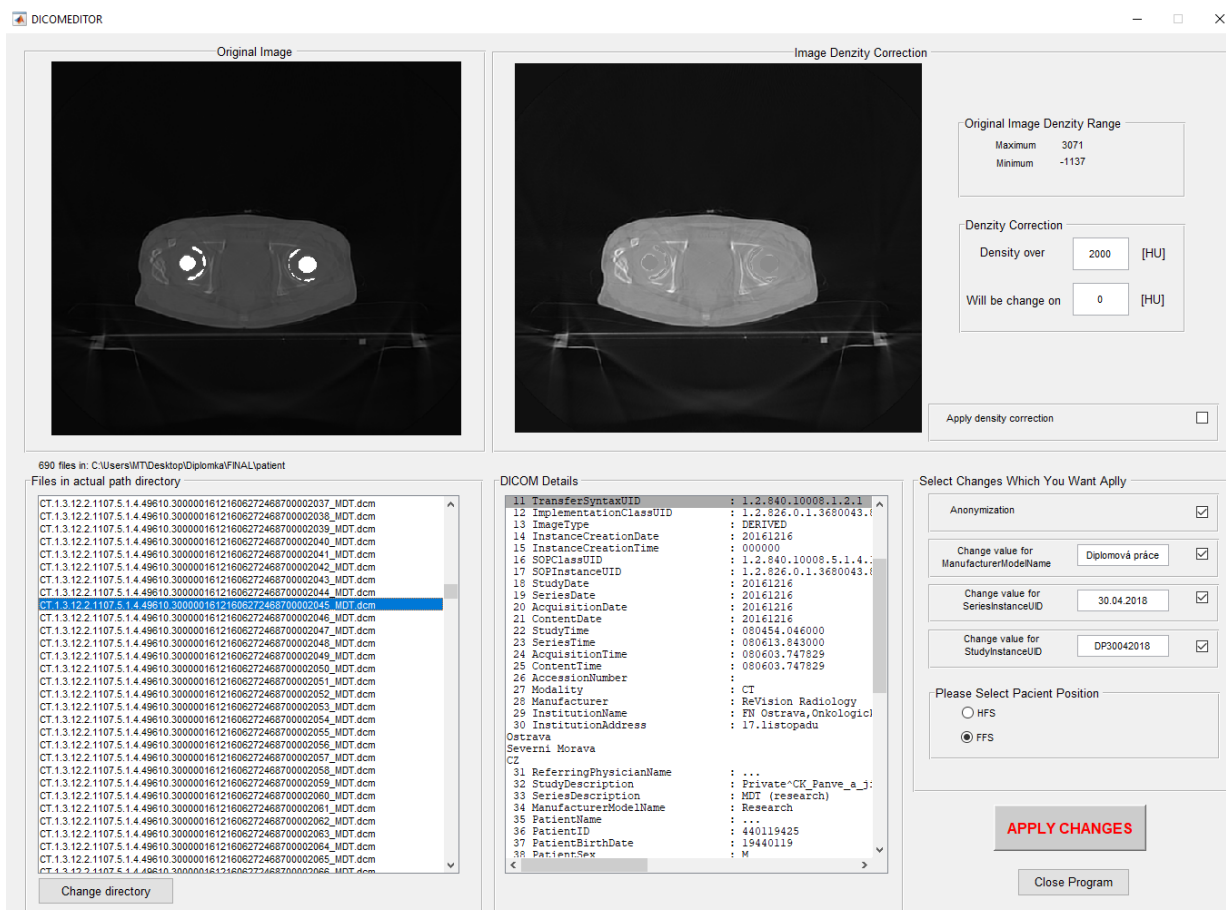
Testován byl na souborech poskytnutých z pracoviště CyberKnife, ale také na datech, které byly poskytnuty oddělením Zdravotnické techniky v Krajské nemocnici v Liberci. Šlo o série dat z CT systémů, v jedné sérii bylo od 30 až téměř 500 souborů. Jednalo se o reálná patientská data nebo data fantómů pro zkoušky provozní stálosti. Na těchto datech byla ověřena kompatibilita i s jinými systémy. Tyto testy byly provedeny, kvůli ověření, že je program opravdu schopný pracovat i s daty z jiných center.



## 7 POPIS PROGRAMU DICOMEDITOR

Finální podoba programu je předvedena na obrázku 20. Obrázek ukazuje prostředí, kde je zobrazen původní obraz, vedle něj jsou ukázány změny v denzitě dle nastavených parametrů. Dále jsou načteny seznamy souborů a atributů. V pravé části jsou pak vidět ovládací prvky.

Program splňuje všechny body zadání a i dodatečné požadavky z pracoviště, pro které je určen. Po provedení nastavení a potvrzení úprav příslušnými ovládacími prvky je v aktuální načtené složce vytvořena nová série DICOM snímků. Jsou zachována původní data a pro odlišení modifikovaných souborů je nová série označena tak, že se před původní název přidá *Edited*. Když se původní soubor bude jmenovat *CT123456*, nový upravený snímek bude nahrán ve stejné složce, s upraveným názvem *EditedCT123456*. Časová náročnost zpracování série snímků záleží na výpočetním výkonu počítače, na kterém je program používán.



Obr. 20. Uživatelské prostředí DICOMEDITOR

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout a zrealizovat program pro pracoviště CyberKnífe ve Fakultní nemocnici Ostrava, pomocí které by bylo možné upravit data ve formátu DICOM. Nejprve tedy bylo nutné se seznámit se standardem DICOM, jeho částmi a problematikou kompatibility. Jednou z funkcí programu je i anonymizace, proto dalším úkolem bylo nastudovat legislativu ochrany osobních údajů, kterých konkrétních parametrů se úpravy budou týkat. Na základě nastudovaných informací, už jen stačilo zvolit programové prostředí, ve kterém bude výsledný program vyvíjen. Pro svoji všestrannost byl program realizován v programovém prostředí MATLAB. Po počátečních obtížích se starší verzí byl nakonec program vytvořen ve verzi R2016a.

Během vývoje programu a jeho ovládacích prvků bylo aktivně komunikováno s pracovníky klinického pracoviště. Ti si přáli zachovat původní data a navrhli dodatečné úpravy prostředí, které učiní výsledný program více uživatelsky příjemným. Během testování byly odhalené chyby odstraněny a doplněny ochranné prvky, aby bylo zamezeno chybám a pádům aplikace. Výsledný program byl testován na reálných datech poskytnutými přímo z pracoviště CyberKnífe a na snímcích fantomu poskytnutých oddělením zdravotnické techniky v Krajské nemocnici Liberec. Program byl testován na sériích dat od 30 souborů v jedné sérii až po téměř 500. Výsledné úpravy jsou značně časově náročné. Velmi záleží na velikosti upravované série a na výpočetním výkonu počítače.

Finální program splňuje všechny body zadání i následné požadavky z oddělení. Umožňuje uživateli měnit hodnoty denzity, hodnoty předem nadefinovaných tagů. Pomocí funkce anonymizace odstranit veškeré osobní údaje pacienta a nastavit polohu vyšetřovaného pacienta. Všechny tyto úpravy neovlivní původní sérii dat, ta je zachována. Program vytvoří novou sérii souborů, do které jsou požadované změny zapsány. Nové soubory jsou od původních odlišeny změnou názvu, kdy se před původní jméno souboru umístí *Edited*.

Práce je rozdělena do sedmi kapitol. První kapitola popisuje části standardu DICOM. V kapitole dvě je popsán databázový systém, který je nedílnou součástí každého nemocničního informačního systému. Třetí kapitola shrnuje současnou platnou legislativu. Jelikož je mi toto téma blízké, díky pracovní náplni, je popsána i nová legislativa, platná pro celou EU, která vstoupí v platnost v květnu roku 2018. Kapitola čtyři až sedm pak řeší rozdíl mezi daty od různých výrobců a samotný návrh celého programu. Jsou popsány užité funkce a problematika při vývoji. Podkapitola popisující, jak byla vytvářena funkce změna tagu, také obsahuje problematiku kompatibility. Problémy s kompatibilitou, by měl výsledný program odstranit a urychlit práci zdravotníkům. Teoretická část pro mě byla velmi přínosná i v zaměstnání. Rozšířil jsem své znalosti o aktuální problematice nové legislativy, která ovlivní veškeré instituce zpracovávající osobní údaje. V praktické části jsem se potýkal se svou malou zdatností programování, ale díky poskytnutým materiálům, radám vedoucího a oslovených odborníků se mi podařilo úspěšného tuto práci dovést do zdárného konce.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PIANYKH, Oleg S. *Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide*. Berlin: Springer, c2008. ISBN 9783540745709.
- [2] NEMA, *DICOM PS3.1 2017b - Introduction and Overview* [online]. c2017, [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: [http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/part01.html#sect\\_6.16](http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/part01.html#sect_6.16)
- [3] Dr. HEITMANN, Kai U. - Dr. BLOBEL, Bernd. - Prof. Dr. DUDECK, J. *HL7 Komunikační standard ve zdravotnictví* [online]. c1997, [cit. 2017-11-14]. Dostupné z: [https://www.hl7cr.eu/file/13/HL7\\_komunikace.pdf](https://www.hl7cr.eu/file/13/HL7_komunikace.pdf)
- [4] PIANYKH, Oleg S. *Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide*. Berlin: Springer, c2008. ISBN 9783540745709. s. 8
- [5] ARC - NEMA, *DICOM PS3.1 2018b - Introduction and Overview* [online]. c2018, [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: <http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part01.pdf>. s. 22
- [6] [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.apttsoft.com/pacs.html>
- [7] PILNÝ, Milan. *Systémy PACS z hlediska databázových informačních systémů* [online]. c2011, [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-verejny-sektor-a-zdravotnictvi/systemy-pacs-z-hlediska-databazovych-systemu.htm>
- [8] WIKIPEDIA, *Zákon o ochraně osobních údajů* [online]. c2000, poslední revize 14.02.2018, [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kon\\_o\\_ochran%C4%B9\\_osobn%C3%ADch\\_%C3%BA%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kon_o_ochran%C4%B9_osobn%C3%ADch_%C3%BA%C5%AF)
- [9] ZÁKONY PRO LIDI.CZ, *Zákon č. 101/2000 Sb.* [online]. c2000, poslední revize 01.07.2017 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-101/historie>
- [10] ŠKORNIČKOVÁ, Eva, *Co je GDPR a jak bude aplikováno v Česku* [online]. c2016, [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://www.gdpr.cz/gdpr/co-je-gdpr/>
- [11] ŠKORNIČKOVÁ, Eva, *Jaké zásadní změny GDPR přinese* [online]. c2016, [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://www.gdpr.cz/gdpr/zmeny/>

- [12] ŠKORNIČKOVÁ, Eva, *Jaké sankce hrozí firmám, které budou GDPR ignorovat* [online]. c2016, [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://www.gdpr.cz/gdpr/sankce/>
- [13] ZÁKONY PRO LIDI.CZ, *Zákon č. 372/2011 Sb.* [online]. c2011, poslední revize 01.01.2018 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-372/zneni-20180101>
- [14] ZÁKONY PRO LIDI.CZ, *Zákon č. 18/2014 Sb.* [online]. c2014, poslední revize 07.03.2018 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-181/zneni-20180307>
- [15] PENHAKER, Marek, *Práce v prostředí MATLAB*, Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. 362 s. [cit. 2017-04-07]. s. 136
- [16] VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0. s. 42
- [17] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN, *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vydání. Brno : Neptun, 2001, dotisk 2004. 381 s. ISBN 80-902896-1-4.
- [18] WIKISKRIPTA, *Výpočetní tomografie a Hounsfieldovy jednotky* [online]. c2014, poslední revize 17.03.2018 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/V%C3%BDpo%C4%8Detn%C3%AD\\_tomografie\\_a\\_Hounsfieldovy\\_jednotky](https://www.wikiskripta.eu/w/V%C3%BDpo%C4%8Detn%C3%AD_tomografie_a_Hounsfieldovy_jednotky)
- [19] [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.startradiology.com/uploads/images/english-class-ct-brain-hemorrhage-fig1-hounsfield-unit.jpg>
- [20] ARC – NEMA, *Supplement 55: Attribute Level Confidentiality (including De-identification)* [online]. c2002, [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup55\\_ft.pdf](ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup55_ft.pdf)
- [21] MATHWORKS.COM, *dicomanon* [online]. c2006, [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/dicomanon.html>
- [22] [online]. [cit. 2017-04-15]. [http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/figures/PS3.3\\_C.7.3.1.1.2-1.svg](http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/figures/PS3.3_C.7.3.1.1.2-1.svg)

## PŘÍLOHA I

Tabulka 3: Kompletní výčet tagů přístroje Siemens

CT Siemens		
No.	Tag	Hodnota tagu
1	Filename	1.3.12.2.1107.5.1.4.49610.30000017102006114495300004053_fixed.dcm
2	FileModDate	23.03.201892024
3	FileSize	525988
4	Format	DICOM
5	FormatVersion	3
6	Width	512
7	Height	512
8	BitDepth	16
9	ColorType	grayscale
10	FileMetaInformationGroupLength	232
11	FileMetaInformationVersion	1
12	MediaStorageSOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
13	MediaStorageSOPInstanceUID	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.148477061412357891510712615800798062776
14	TransferSyntaxUID	1.2.840.10008.1.2.1
15	ImplementationClassUID	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.3.100.7.1
16	ImplementationVersionName	MATLABIPT7.1
17	SourceApplicationEntityTitle	N1000_STORAGE
18	SpecificCharacterSet	ISO_IR100
19	ImageType	DERIVED\PRIMARY\AXIAL\CT_SOM5SPI
20	SOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
21	SOPInstanceUID	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.148477061412357891510712615800798062776
22	StudyDate	20171020
23	SeriesDate	20171020

24	AcquisitionDate	20171020
25	ContentDate	20171020
26	StudyTime	092618.937000
27	SeriesTime	092725.203000
28	AcquisitionTime	092715.890302
29	ContentTime	092715.890302
30	AccessionNumber	
31	Modality	CT
32	Manufacturer	SIEMENS
33	InstitutionName	
34	ReferringPhysicianName	...
35	PerformingPhysicianName	...
36	ManufacturerModelName	SensationOpen
37	PatientName	...
38	PatientID	
39	PatientBirthDate	
40	PatientSex	
41	PatientIdentityRemoved	YES
42	DeidentificationMethod	DICOMANON(revR2010a)-PS3.15-2008TableE.1-1
43	BodyPartExamined	PELVIS
44	SliceThickness	01.05.2018
45	KVP	120
46	DataCollectionDiameter	500
47	SoftwareVersion	syngoCT2014A
48	ReconstructionDiameter	650
49	DistanceSourceToDetector	1040
50	DistanceSourceToPatient	570
51	GantryDetectorTilt	0
52	TableHeight	205

53	RotationDirection	CW
54	ExposureTime	1000
55	XrayTubeCurrent	380
56	Exposure	400
57	FilterType	0
58	GeneratorPower	45
59	FocalSpot	01.02.2018
60	DateOfLastCalibration	20171020
61	TimeOfLastCalibration	065338.000000
62	ConvolutionKernel	B31s
63	PatientPosition	HFS
64	StudyInstanceUID	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.356435961211975002933062527013864203496
65	SeriesInstanceUID	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.235765585811123211802602042233318415966
66	StudyID	
67	SeriesNumber	2
68	AcquisitionNumber	2
69	InstanceNumber	186
70	ImagePositionPatient	-324.3652-529.3652-466
71	ImageOrientationPatient	100
72	FrameOfReferenceUID	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.147968234813343409034111666190560835774
73	PositionReferenceIndicator	
74	SliceLocation	-466
75	SamplesPerPixel	1
76	PhotometricInterpretation	MONOCHROME2
77	Rows	512
78	Columns	512
79	PixelSpacing	1.26951.2695
80	BitsAllocated	16
81	BitsStored	16

82	HighBit	15
83	PixelRepresentation	0
84	SmallestImagePixelValue	0
85	LargestImagePixelValue	4095
86	WindowCenter	35 400
87	WindowWidth	3 501 500
88	RescaleIntercept	-1024
89	RescaleSlope	1
90	LossyImageCompression	1

## PŘÍLOHA II

Tabulka 4: Kompletní výčet tagů přístroje Philips

Philips		
No.	Tag	Hodnota tagu
1	Filename	CT.1.3.12.2.1107.5.1.4.49610.30000016121606272468700002101_MDT.dcm
2	FileModDate	19-pro-2016063700
3	FileSize	525616
4	Format	DICOM
5	FormatVersion	3
6	Width	512
7	Height	512
8	BitDepth	16
9	ColorType	grayscale
10	FileMetaInformationGroupLength	64
11	TransferSyntaxUID	1.2.840.10008.1.2.1
12	ImplementationClassUID	1.2.826.0.1.3680043.8.1091.1
13	ImageType	DERIVED
14	InstanceCreationDate	20161216
15	InstanceCreationTime	0
16	SOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
17	SOPInstanceUID	1.2.826.0.1.3680043.8.1091.22.8989.1.20161216.1.880489161864
18	StudyDate	20161216
19	SeriesDate	20161216
20	AcquisitionDate	20161216
21	ContentDate	20161216
22	StudyTime	080454.046000
23	SeriesTime	080613.843000

24	AcquisitionTime	080605.784310
25	ContentTime	080605.784310
26	AccessionNumber	
27	Modality	CT
28	Manufacturer	ReVisionRadiology
29	InstitutionName	FNOstrava,Onkologickaklinika
30	InstitutionAddress	17.listopadu
		Ostrava
		SeverniMorava
		CZ
31	ReferringPhysicianName	...
32	StudyDescription	Private^CK_Panve_a_jine(Adult)
33	SeriesDescription	MDT(research)
34	ManufacturerModelName	Research
35	PatientName	
36	PatientID	Anonymized
37	PatientBirthDate	
38	PatientSex	
39	PatientAge	
40	BodyPartExamined	PELVIS
41	SliceThickness	01.05.2018
42	KVP	120
43	SoftwareVersion	MDT1.0
44	ProtocolName	CK_Panve_a_jine
45	ExposureTime	1000
46	XrayTubeCurrent	380
47	PatientPosition	HFS
48	StudyInstanceUID	19122016
49	SeriesInstanceUID	191220161



50	StudyID	1
51	SeriesNumber	1002
52	AcquisitionNumber	2
53	InstanceNumber	209
54	ImagePositionPatient	-324.3652-545.365230
55	ImageOrientationPatient	100
56	FrameOfReferenceUID	1.3.12.2.1107.5.1.4.49610.30000016121604225826500000837
57	PositionReferenceIndicator	NONE
58	SliceLocation	31
59	SamplesPerPixel	1
60	PhotometricInterpretation	MONOCHROME2
61	Rows	512
62	Columns	512
63	PixelSpacing	1.26951.2695
64	BitsAllocated	16
65	BitsStored	16
66	HighBit	15
67	PixelRepresentation	1
68	WindowCenter	35
69	WindowWidth	350
70	RescaleIntercept	0
71	RescaleSlope	1
72	PixelDataGroupLength	524300

## PŘÍLOHA III

Tabulka 5: Kompletní výčet tagů přístroje GE

GE CT		
No.	Tag	Hodnota tagu
1	Filename	H:\pánev2_0052.dcm
2	FileModDate	23.04.2018 15:00:02
3	FileSize	528086
4	Format	DICOM
5	FormatVersion	3
6	Width	512
7	Height	512
8	BitDepth	16
9	ColorType	grayscale
10	FileMetaInformationGroupLength	190
11	FileMetaInformationVersion	0 1
12	MediaStorageSOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
13	MediaStorageSOPInstanceUID	1.2.840.113619.2.55.3.464298912.735.1493356062.52.53
14	TransferSyntaxUID	1.2.840.10008.1.2.1
15	ImplementationClassUID	1.2.276.0.50.20100301.4.6
16	ImplementationVersionName	JIVEX_TK4.6
17	IdentifyingGroupLength	494
18	SpecificCharacterSet	ISO_IR 100
19	ImageType	ORIGINAL\PRIMARY\AXIAL
20	InstanceCreationDate	20170428
21	InstanceCreationTime	111309
22	SOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
23	SOPInstanceUID	1.2.840.113619.2.55.3.464298912.735.1493356062.52.53

24	StudyDate	20170428
25	SeriesDate	20170428
26	AcquisitionDate	20170428
27	ContentDate	20170428
28	StudyTime	83912
29	SeriesTime	111224
30	AcquisitionTime	111238.543494
31	ContentTime	111309
32	AccessionNumber	
33	Modality	CT
34	Manufacturer	GE MEDICAL SYSTEMS
35	InstitutionName	Nemocnice Liberec
36	ReferringPhysicianName	...
37	StationName	D670CT
38	StudyDescription	Whole Body Bone
39	SeriesDescription	CTBone 2.5mmTomo H
40	PerformingPhysicianName	...
41	PhysicianReadingStudy	...
42	OperatorName	...
43	AdmittingDiagnosesDescription	
44	ManufacturerModelName	Optima CT540
45	Private_0009_GroupLength	94
46	Private_0009_10xx_Creator	GEMS IDEN 01
47	Private_0009_1001	CT_LIGHTSPEED
48	Private_0009_1002	CT99
49	Private_0009_1004	Optima CT540
50	Private_0009_1027	1493377944
51	Private_0009_10e3	
52	PatientGroupLength	130

53	PatientName	
54	PatientID	Anonymized
55	PatientBirthDate	
56	PatientSex	
57	OtherPatientID	
58	PatientAge	
59	PatientSize	
60	PatientWeight	55
61	ContrastAllergies	
62	AdditionalPatientHistory	
63	PregnancyStatus	0
64	AcquisitionGroupLength	472
65	ScanOptions	HELICAL MODE
66	SliceThickness	02.V
67	KVP	120
68	SpacingBetweenSlices	0.5
69	DataCollectionDiameter	500
70	SoftwareVersion	tandem_qin_540_build_sp2_5.tandem_qin_540_build_sp2_5
71	ProtocolName	05.04.2018 CTACL Diag Dose
72	ReconstructionDiameter	500
73	DistanceSourceToDetector	949.075
74	DistanceSourceToPatient	541
75	GantryDetectorTilt	0
76	TableHeight	194.5
77	RotationDirection	CW
78	ExposureTime	546
79	XrayTubeCurrent	88
80	Exposure	4
81	FilterType	BODY FILTER

82	GeneratorPower	25200
83	FocalSpot	01.II
84	ConvolutionKernel	BONE
85	PatientPosition	FFS
86	RevolutionTime	0.5
87	SingleCollimationWidth	1.25
88	TotalCollimationWidth	20
89	TableSpeed	55
90	TableFeedPerRotation	27.V
91	SpiralPitchFactor	1.375
92	Private_0019_GroupLength	296
93	Private_0019_10xx_Creator	GEMS_ACQU_01
94	Private_0019_1002	912
95	Private_0019_1003	389.75
96	Private_0019_1004	1.0239
97	Private_0019_100f	1669.5
98	Private_0019_1011	0
99	Private_0019_1018	S
100	Private_0019_101a	I
101	Private_0019_1023	27.05.2018
102	Private_0019_1024	01.02.6575
103	Private_0019_1025	1
104	Private_0019_1026	-1
105	Private_0019_1027	0.5
106	Private_0019_102c	12715
107	Private_0019_102e	0
108	Private_0019_102f	1968
109	Private_0019_1039	16
110	Private_0019_1042	0

111	Private_0019_1043	0
112	Private_0019_1047	1
113	Private_0019_1052	1
114	Private_0019_106a	4
115	RelationshipGroupLength	352
116	StudyInstanceUID	1.2.840.113619.2.280.2.1.28042017083756955.269838578
117	SeriesInstanceUID	1.2.840.113619.2.55.3.464298912.735.1493356061.960.3
118	StudyID	Whole Body Bone
119	SeriesNumber	3
120	AcquisitionNumber	1
121	InstanceNumber	53
122	ImagePositionPatient	-250 -250 32.5
123	ImageOrientationPatient	1 0 0
124	FrameOfReferenceUID	1.2.840.113619.2.280.2.1.28042017104425191.763930248
125	PositionReferenceIndicator	NM
126	SliceLocation	32.5
127	Private_0021_GroupLength	84
128	Private_0021_10xx_Creator	GEMS_RELA_01
129	Private_0021_1003	2
130	Private_0021_1035	0
131	Private_0021_1036	0
132	Private_0021_1091	0
133	Private_0021_1092	0
134	Private_0021_1093	0
135	Private_0023_GroupLength	36
136	Private_0023_10xx_Creator	GEMS_STDY_01
137	Private_0023_1070	1493377958.5435
138	Private_0027_GroupLength	182
139	Private_0027_10xx_Creator	GEMS_IMAG_01

140	Private_0027_1010	0
141	Private_0027_101c	0
142	Private_0027_101e	0
143	Private_0027_101f	180
144	Private_0027_1020	2
145	Private_0027_1035	2
146	Private_0027_1042	0
147	Private_0027_1043	0
148	Private_0027_1044	32.5
149	Private_0027_1045	0
150	Private_0027_1046	0
151	Private_0027_1047	-1
152	Private_0027_1050	0
153	Private_0027_1051	0
154	ImagePresentationGroupLength	184
155	SamplesPerPixel	1
156	PhotometricInterpretation	MONOCHROME2
157	Rows	512
158	Columns	512
159	PixelSpacing	0.97656 0.97656
160	BitsAllocated	16
161	BitsStored	16
162	HighBit	15
163	PixelRepresentation	1
164	PixelPaddingValue	-2000
165	WindowCenter	350
166	WindowWidth	2000
167	RescaleIntercept	-1024
168	RescaleSlope	1

169	RescaleType	HU
170	Private_0031_GroupLength	104
171	Private_0031_10xx_Creator	GEHC_HYBRID_01
172	Private_0031_1001	-1
173	Private_0031_1002	1.2.840.113619.2.280.2.1.28042017104425191.2146485801
174	Private_0031_1003	0
175	Unknown_0040_0000	84
176	PerformedProcedureStepStartDate	20170428
177	PerformedProcedureStepStartTime	102249
178	PerformedProcedureStepID	L_1
179	PerformedProcedureStepDescription	User&Bone&Whole Body Bone
180	RequestedProcedureComments	
181	Private_0043_GroupLength	316
182	Private_0043_10xx_Creator	GEMS_PARM_01
183	Private_0043_1010	2000
184	Private_0043_1012	99 99 99
185	Private_0043_1016	0
186	Private_0043_101e	II.47
187	Private_0043_101f	0
188	Private_0043_1021	0
189	Private_0043_1025	0 0 0
190	Private_0043_1026	0 0 0
191	Private_0043_1027	1.375:1
192	Private_0043_1028	48 48
193	Private_0043_102b	4 0 0
194	Private_0043_1031	0 0
195	Private_0043_1040	101.3446
196	Private_0043_1041	4651.1475
197	Private_0043_1042	0



198	Private_0043_1043	0
199	Private_0043_1044	0
200	Private_0043_1045	0
201	Private_0043_1046	0
202	Private_0043_104d	0
203	Private_0043_104e	01.06.4609
204	Private_0043_1064	
205	Private_0045_GroupLength	316
206	Private_0045_10xx_Creator	GEMS HELIOS_01
207	Private_0045_1001	16
208	Private_0045_1002	1.25
209	Private_0045_1003	22
210	Private_0045_1004	5
211	Private_0045_1006	OUT OF GANTRY
212	Private_0045_1007	0
213	Private_0045_1008	0
214	Private_0045_1009	0
215	Private_0045_100a	0
216	Private_0045_100b	0
217	Private_0045_100c	0
218	Private_0045_100d	0
219	Private_0045_100e	0
220	Private_0045_100f	0
221	Private_0045_1010	0
222	Private_0045_1011	0
223	Private_0045_1012	0
224	Private_0045_1013	0
225	Private_0045_1014	0
226	Private_0045_1015	0

227	Private_0045_1016	0
228	Private_0045_1017	0
229	Private_0045_1018	0
230	Private_0045_1021	0
231	Private_0045_1022	0
232	Private_0045_1032	0.54624
233	Private_0045_103b	
234	Private_0053_GroupLength	116
235	Private_0053_10xx_Creator	GEHC_CT_ADVAPP_001
236	Private_0053_1020	0
237	Private_0053_1060	
238	Private_0053_1061	0
239	Private_0053_1062	0
240	Private_0053_1064	0
241	Private_0053_1065	0
242	Private_0053_1066	120kV
243	Private_0053_1067	0
244	Private_0053_109d	
245	PixelDataGroupLength	524300